

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AA

(11)Publication number : 2001-044936
(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl.

H04B 10/02
H04B 10/20
H04J 14/00
H04J 14/02
H04L 12/437

(21)Application number : 2000-180772

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 02.04.1997

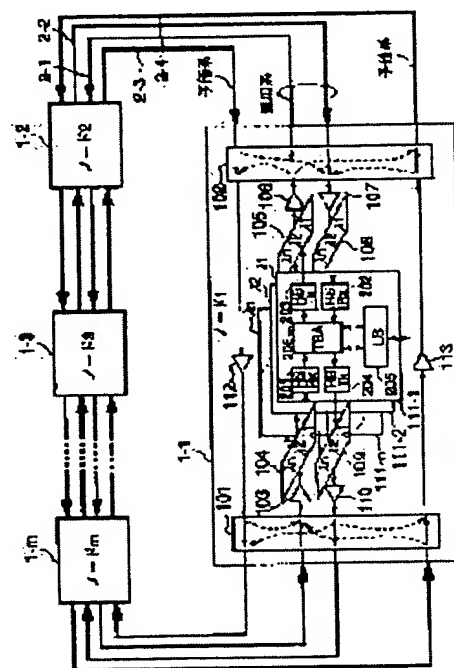
(72)Inventor : ASAHI KOJI

(54) OPTICAL COMMUNICATION NODE AND WAVELENGTH MULTIPLEX OPTICAL TRANSMITTER OF RING CONSTITUTION CONSISTING OF THE NODE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify the constitution of a wavelength multiplex optical transmitter by providing a 2nd (1×2)-optical path selection means which outputs selectively the 2nd multiplexing optical signals to the 2nd and 1st optical coupling means.

SOLUTION: The (n) pieces of optical signals λ_1 - λ_n which are outputted from the insertion separation (ADM) devices 111-1 to 111-n which undergo the wavelength division multiplexing via a wavelength multiplexing part 105, are amplified by an optical booster amplifier 106 as a single piece of optical signal and then are sent to a counterclockwise operating optical fiber transmission line via a (4×4)-optical switch 102. When two pieces of operating transmission lines are cut between the nodes 2 and 3, a path is changed by the switch 102 at the node 2 so as to input and output the optical signal that is connected to the path to be inputted and outputted to an operating transmission line set between the nodes 2 and 3 to a standby transmission line set between the nodes 2 and 3. At the node 3, a path is changed by the switch 102 so as to input and output the optical signal that is connected to the path to be inputted and outputted to an operating transmission line set between the nodes 2 and 3 to a standby transmission line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

décision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-44936

(P2001-44936A)

(43) 公開日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード* (参考)

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

H

10/20

N

H 0 4 J 14/00

E

14/02

H 0 4 L 11/00

3 3 1

H 0 4 L 12/437

審査請求 有 請求項の数29 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2000-180772 (P2000-180772)

(62) 分割の表示 特願平9-83697の分割

(22) 出願日 平成9年4月2日 (1997.4.2)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 朝日 光司

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100082935

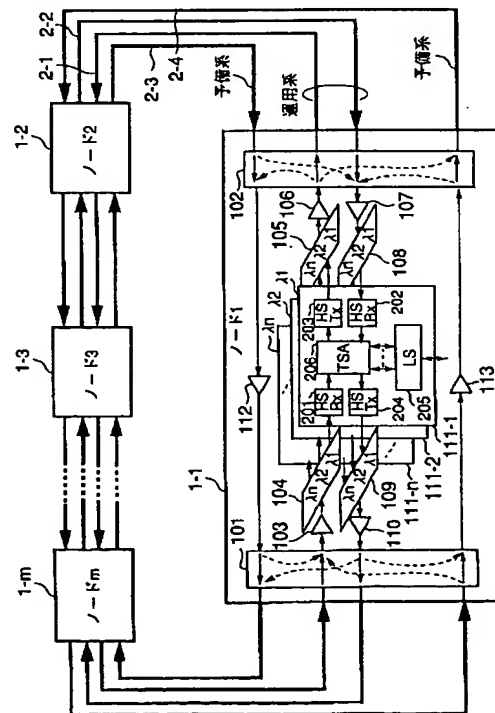
弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長多重光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 回線あるいは装置の障害に対して柔軟に対応可能な信頼性の高いリング構成の波長分割多重光伝送装置を提供する。

【解決手段】 複数のノードとこれらノードをリング状に接続する時計回り／反時計回り運用系、時計回り／反時計回り予備系の4本の光伝送路とから構成され、各ノードはそれぞれ受信器と送信器を含む第1及び第2の端局部と、反時計回り運用系及び予備系光伝送路と第2の端局部の出力端と第1のバイパスの出力端と、時計回り運用系及び予備系光伝送路と第1の端局部と第2のバイパス経路の入力端との間の光路切替を行う第1の光路切替スイッチと、時計回り運用系／予備系光伝送路と第1の端局部の出力端と第2のバイパス経路の出力端と、反時計回り運用系／予備系光伝送路と第2の端局部の出力端と第1のバイパス経路の出力端との間で光路切替を行う第2の光路切替スイッチとを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 時計回り光伝送路入力端及び出力端と、反時計回り光伝送路入力端及び出力端と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 1 の入力光信号を、該波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 1 の波長分離光を出力する第 1 の波長分離手段と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 1 の多重化光信号を出力する第 1 の波長多重化手段と、入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 2 の入力光信号を該波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 2 の波長分離光を出力する第 2 の波長分離手段と、入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 2 の多重化光信号を出力する第 2 の波長多重化手段と、 n 個の前記第 1 の波長分離光と n 個の前記第 2 の波長分離光から、波長 λ_i ($1 \leq i \leq n$) の波長成分を有する前記第 1 の波長分離光及び該第 1 の波長分離光に対応する波長 $\lambda_i + n$ の波長成分を有する前記第 2 の波長分離光がそれぞれ入力される第 1 の波長分離光入力部及び第 2 の波長分離光入力部と、前記波長 λ_i ($1 \leq i \leq n$) と同一の波長を有する第 1 の挿入光信号及び該第 1 の挿入光信号に対応する波長 $\lambda_i + n$ の波長成分を有する前記第 2 の挿入光信号が入力され、該第 1 の挿入光信号と該第 2 の挿入光信号をそれぞれ前記第 1 の波長多重化手段と前記第 2 の波長多重化手段にそれぞれ出力する第 1 の挿入光信号入力部及び第 2 の挿入光信号入力部とをそれぞれ含む n 個の挿入分離手段と、前記反時計回り光伝送路と前記第 1 の波長分離手段との間に配置され、前記反時計回り光伝送路より出力される前記第 1 の入力光信号の一部を分岐して第 1 の分岐入力光信号を出力する第 1 の光分岐手段と、前記時計回り光伝送路と前記第 2 の波長分離手段との間に配置され、前記時計回り光伝送路より出力される前記第 2 の入力光信号の一部を分岐して第 2 の分岐入力光信号を出力する第 2 の光分岐手段と、前記第 1 の入力光信号と前記第 2 の分岐入力光信号とを選択して前記第 1 の波長分離手段に入力する第 1 の 2×1 光スイッチと、前記第 2 の入力光信号と前記第 1 の分岐入力光信号とを選択して前記第 2 の波長分離手段に入力する第 2 の 2×1 光スイッチと、前記第 1 の多重化光信号と前記第 2 の分岐多重化光信号とを結合する第 1 の光結合手段と、前記第 2 の多重化光信号と前記第 1 の分岐多重化光信号とを結合する第 2 の光結合手段と、

前記第 1 の波長多重化手段と前記第 1 の光結合手段との間に配置され、前記第 1 の多重化光信号を前記第 1 の光結合手段と前記第 2 の光結合手段に選択して出力する第 1 の 1×2 光路選択手段と、前記第 2 の波長多重化手段と前記第 2 の光結合手段との間に配置され、前記第 2 の多重化光信号を前記第 2 の光結合手段と前記第 1 の光結合手段に選択して出力する第 2 の 1×2 光路選択手段とを備えていることを特徴とする光通信用ノード。

【請求項 2】 各ノードは、さらに、前記反時計回り光伝送路と前記第 1 の波長分離手段との間に配置され、入力された前記第 1 の入力光信号を光増幅して前記第 1 の波長分離手段に出力する第 1 のプリ光増幅器と、前記時計回り光伝送路と前記第 2 の波長分離手段との間に配置され、入力された前記第 2 の入力光信号を光増幅して前記第 2 の波長分離手段に出力する第 2 のプリ光増幅器とを備えていることを特徴とする請求項 1 記載の光通信用ノード。

【請求項 3】 前記各ノードは、さらに、前記第 1 の波長多重化手段と前記反時計回り光伝送路との間に配置され、前記第 1 の多重化光信号を光増幅して前記反時計回り光伝送路に出力する第 1 のブースタ光増幅器と、前記第 2 の波長多重化手段と前記時計回り光伝送路との間に配置され、前記第 2 の多重化光信号を光増幅して前記時計回り光伝送路に出力する第 2 のブースタ光増幅器とを備えていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の光通信用ノード。

【請求項 4】 前記 n 個の挿入分離手段はそれぞれ、前記第 1 の波長分離光と前記第 2 の波長分離光をそれぞれを電気信号に変換する光電気変換手段と、前記第 1 の波長分離光と前記第 2 の波長分離光に対してそれぞれオーバーヘッド終端と分離動作を行う第 1 の受信インタフェース部と第 2 の受信インタフェース部と、それぞれ入力された電気データ信号を時分割多重してオーバーヘッド信号挿入を行い、前記受信インタフェースに入力された光信号と同一の波長 λ_i を有する光信号を生成して出力する第 1 の送信インタフェース部と第 2 の送信インタフェース部とを備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 5】 前記 n 個の挿入分離手段はそれぞれ、前記第 1 の送信インタフェース部及び前記第 1 の受信インタフェースと、前記第 2 の送信インタフェース部及び前記第 2 の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を送受信するための低速信号インタフェース部と、前記第 1 の受信インタフェース部及び前記第 2 の受信インタフェース部より入力される 2 対の電気データ信号と

前記第 1 の送信インタフェース部及び第 2 の送信インタフェース部へ出力する 2 対の電気データ信号を前記前記光伝送路又は前記ノードの障害状態に応じて選択的に接続するとともに、前記第 1 の送信インタフェース部及び前記第 1 の受信インタフェースと前記第 2 の送信インタフェース部及び前記第 2 の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を分離又は挿入して前記低速インタフェース部に入出力するクロスコネクト部とを備えていることを特徴とする請求項 4 記載の光通信用ノード。

【請求項 6】 前記各ノードは、さらに、前記第 1 の波長分離手段の後段に配置され、該第 1 の波長分離手段から入力される波長 λ_1 乃至 λ_n の各光信号を n 個の前記挿入分離手段に対して選択的に接続する第 1 の $n \times n$ 光スイッチと、前記第 2 の波長分離手段の後段に配置され、該第 2 の波長分離手段から入力される波長 λ_1 乃至 λ_n の各光信号を n 個の前記挿入分離手段に対して選択的に接続する第 2 の $n \times n$ 光スイッチとを備えていることを特徴とする請求項 5 から請求項 5 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 7】 前記各ノードは、前記 n 個の挿入分離手段を含む p 個 (p は n 以上の整数、以下同じ。) の挿入分離手段を備え、さらに、前記第 1 の波長分離手段の後段に配置され、該波長分離手段から波長 λ_1 乃至 λ_n の n 本の光信号が入力され、前記 p 個の挿入分離手段に対して選択的に接続する第 1 の $n \times p$ 光スイッチと、前記第 2 の波長分離手段の後段に配置され、該波長分離手段から波長 λ_1 乃至 λ_n の n 本の光信号が入力され、前記 p 個の挿入分離手段に対して選択的に接続する第 2 の $n \times p$ 光スイッチと、前記第 1 の波長多重化手段の前段に配置され、前記各挿入分離手段からの p 個の光信号がされ、前記第 1 の波長多重化手段の各入力端に対して選択的に接続する第 1 の $p \times n$ 光スイッチと、前記第 2 の波長多重化手段の前段に配置され、前記各挿入分離手段からの p 個の光信号がされ、前記第 2 の波長多重化手段の各入力端に対して選択的に接続する第 1 の $p \times n$ 光スイッチとを備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 8】 前記各挿入分離手段は、さらに、光信号の波長を前記波長 λ_1 乃至 λ_n のの中から選定する波長選定手段を備えていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の光通信用ノード。

【請求項 9】 前記各ノードは、さらに、 n 個の前記第 1 の波長分離光のうちの第 1 番目の第 1 の波長分離光と、 n 個の前記第 2 の波長分離光のうちの第 1 番目の第 2 の波長分離光とを互いに選択的に切り替え

て、 n 個の前記挿入分離手段のうち第 1 番目の挿入分離手段の前記第 1 の波長分離光入力部と前記第 2 の挿入分離部とに出力する受信側 2×2 光スイッチを備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 10】 前記各ノードは、さらに、 n 個の前記第 1 の挿入光信号のうちの第 1 番目の第 1 の挿入光信号と、 n 個の前記第 2 の挿入光信号のうちの第 1 番目の第 2 の挿入光信号とを互いに選択的に切り替えて、第 1 の波長多重化手段と前記第 2 の波長多重化手段とに出力する送信側 2×2 光スイッチを備えていることを特徴とする請求項 9 記載の光通信用ノード。

【請求項 11】 前記第 1 の波長分離手段及び前記第 2 の波長分離手段はそれぞれ、アレー導波路回折格子を含んでいることを特徴とする請求項 1 から請求項 10 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 12】 前記第 1 の波長多重化手段及び前記第 2 の波長多重化手段はそれぞれ、アレー導波路回折格子を含んでいることを特徴とする請求項 1 から請求項 10 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 13】 前記第 1 のブリ光増幅器及び前記第 2 のブリ光増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器を備えていることを特徴とする請求項 2 記載の光通信用ノード。

【請求項 14】 前記第 1 のブリ光増幅器及び前記第 2 のブリ光増幅器はそれぞれ、半導体光増幅器を備えていることを特徴とする請求項 2 記載の光通信用ノード。

【請求項 15】 前記第 1 のブースタ光増幅器及び前記第 2 のブースタ光増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器を備えていることを特徴とする請求項 3、請求項 13 又は請求項 14 のいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 16】 前記第 1 のブースタ光増幅器及び前記第 2 のブースタ光増幅器はそれぞれ、半導体光増幅器を備えていることを特徴とする請求項 3、請求項 13 又は請求項 14 のいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 17】 請求項 1 から請求項 16 までのいずれかの請求項に記載の前記光通信用ノードが m 個配置され、互いに隣接する前記ノードの前記時計回り光伝送路入力端と前記時計回り光伝送路出力端、及び反時計回り光伝送路入力端と反時計回り光伝送路出力端がそれぞれ時計回り光伝送路及び反時計回り光伝送路によりそれぞれ接続されリング状に構成されていることを特徴とするリング構成の波長分割多重光伝送装置。

【請求項 18】 時計回り光伝送路入力端及び時計回り光伝送路出力端と、反時計回り光伝送路入力端と反時計回り光伝送路出力端と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 1 の入力

光信号を、該波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 1 の波長分離光を出力する第 1 の波長分離手段と、

入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 1 の多重化光信号を出力する第 1 の波長多重化手段と、

入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 2 の入力光信号を該波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 2 の波長分離光を出力する第 2 の波長分離手段と、

入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 2 の多重化光信号を出力する第 2 の波長多重化手段と、

入力された光信号を電気信号に変換する第 1 の受信手段と、

入力された光信号を電気信号に変換する第 2 の受信手段と、

電気信号を光信号に変換して出力する第 1 の送信手段と、

電気信号を光信号に変換して出力する第 2 の送信手段と

を含む少なくとも 1 の挿入分離手段と、

n 個の前記第 1 の波長分離光のうちの少なくとも 1 の第 1 の波長分離光と、

該第 1 の波長分離光の波長 λ_i に対応する波長 λ_{i+n} の波長成分を有する前記第 2 の波長分離光とを互いに選択的に切り替えて、前記挿入分離手段のうちの波長 λ_i 又は波長 λ_{i+n} に対応する前記挿入分離手段の前記第 1 の受信手段又は前記第 2 の受信手段に出力する受信側 2×2 光スイッチと、

n 個の前記第 1 の挿入光信号のうちの前記第 1 の波長分離光の波長 λ_i に対応する第 1 の挿入光信号と、

n 個の前記第 2 の挿入光信号のうちの前記波長 λ_{i+n} の波長成分を有する第 2 の挿入光信号とを互いに選択的に切り替えて、第 1 の波長多重化手段と前記第 2 の波長多重化手段とに出力する送信側 2×2 光スイッチと、

前記反時計回り光伝送路と前記第 1 の波長分離手段との間に配置され、前記反時計回り光伝送路より出力される前記第 1 の入力光信号の一部を分岐して第 1 の分岐入力光信号を出力する第 1 の光分岐手段と、

前記時計回り光伝送路と前記第 2 の波長分離手段との間に配置され、前記時計回り光伝送路より出力される前記第 2 の入力光信号の一部を分岐して第 2 の分岐入力光信号を出力する第 2 の光分岐手段と、

前記第 1 の入力光信号と前記第 2 の分岐入力光信号とを選択して前記第 1 の波長分離手段に入力する第 1 の 2×1 光スイッチと、

前記第 2 の入力光信号と前記第 1 の分岐入力光信号とを選択して前記第 2 の波長分離手段に入力する第 2 の 2×1 光スイッチと、

前記第 1 の多重化光信号と前記第 2 の分岐多重化光信号とを結合する第 1 の光結合手段と、

前記第 2 の多重化光信号と前記第 1 の分岐多重化光信号とを結合する第 2 の光結合手段と、

前記第 1 の波長多重化手段と前記第 1 の光結合手段との間に配置され、前記第 1 の多重化光信号を前記第 1 の光結合手段と前記第 2 の光結合手段に選択して出力する第 1 の 1×2 光路選択手段と、

前記第 2 の波長多重化手段と前記第 2 の光結合手段との間に配置され、前記第 2 の多重化光信号を前記第 2 の光結合手段と前記第 1 の光結合手段に選択して出力する第 2 の 1×2 光路選択手段とを備えていることを特徴とする光通信用ノード。

【請求項 19】 各ノードは、さらに、

前記反時計回り光伝送路と前記第 1 の波長分離手段との間に配置され、入力された前記第 1 の入力光信号を光増幅して前記第 1 の波長分離手段に出力する第 1 のプリ光増幅器と、

前記時計回り光伝送路と前記第 2 の波長分離手段との間に配置され、入力された前記第 2 の入力光信号を光増幅して前記第 2 の波長分離手段に出力する第 2 のプリ光増幅器とを備えていることを特徴とする請求項 18 記載の光通信用ノード。

【請求項 20】 前記各ノードは、さらに、

前記第 1 の波長多重化手段と前記反時計回り光伝送路との間に配置され、前記第 1 の多重化光信号を光増幅して前記反時計回り光伝送路に出力する第 1 のブースタ光増幅器と、

前記第 2 の波長多重化手段と前記時計回り光伝送路との間に配置され、前記第 2 の多重化光信号を光増幅して前記時計回り光伝送路に出力する第 2 のブースタ光増幅器とを備えていることを特徴とする請求項 18 又は請求項 19 記載の光通信用ノード。

【請求項 21】 前記 n 個の挿入分離手段はそれぞれ、

前記第 1 の波長分離光と前記第 2 の波長分離光をそれぞれを電気信号に変換する光電気変換手段と、

前記第 1 の波長分離光と前記第 2 の波長分離光に対してそれぞれオーバーヘッド終端と分離動作を行う第 1 の受信インタフェース部と第 2 の受信インタフェース部と、

それぞれ入力された電気データ信号を時分割多重してオーバーヘッド信号挿入を行い、前記受信インタフェースに入力された光信号と同一の波長 λ_i を有する光信号を生成して出力する第 1 の送信インタフェース部と第 2 の送信インタフェース部とを備えていることを特徴とする請求項 18 から請求項 20 までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項 22】 前記 n 個の挿入分離手段はそれぞれ、

前記第 1 の送信インタフェース部及び前記第 1 の受信インタフェースと、前記第 2 の送信インタフェース部及び前記第 2 の受信インタフェースとを介して入出力される

データ信号の少なくとも一部を送受信するための低速信号インタフェース部と、

前記第1の受信インタフェース部及び前記第2の受信インタフェース部より入力される2対の電気データ信号と前記第1の送信インタフェース部及び第2の送信インタフェース部へ出力する2対の電気データ信号を前記前記光伝送路又は前記ノードの障害状態に応じて選択的に接続するとともに、前記第1の送信インタフェース部及び前記第1の受信インタフェースと前記第2の送信インタフェース部及び前記第2の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を分離又は挿入して前記低速インタフェース部に入出力するクロスコネクタ部とを備えていることを特徴とする請求項21記載の光通信用ノード。

【請求項23】 前記第1の波長分離手段及び前記第2の波長分離手段はそれぞれ、アレー導波路回折格子を含んでいることを特徴とする請求項18から請求項22までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項24】 前記第1の波長多重化手段及び前記第2の波長多重化手段はそれぞれ、アレー導波路回折格子を含んでいることを特徴とする請求項18から請求項22までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項25】 前記第1のプリ光増幅器及び前記第2のプリ光増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器を備えていることを特徴とする請求項19記載の光通信用ノード。

【請求項26】 前記第1のプリ光増幅器及び前記第2のプリ光増幅器はそれぞれ、半導体光増幅器を備えていることを特徴とする請求項19記載の光通信用ノード。

【請求項27】 前記第1のブースタ光増幅器及び前記第2のブースタ光増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器を備えていることを特徴とする請求項20、請求項25又は請求項26のいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項28】 前記第1のブースタ光増幅器及び前記第2のブースタ光増幅器はそれぞれ、半導体光増幅器を備えていることを特徴とする請求項20、請求項25又は請求項26までのいずれかの請求項に記載の光通信用ノード。

【請求項29】 請求項18から請求項28までのいずれかの請求項に記載の前記光通信用ノードがm個配置され、互いに隣接する前記ノードの前記時計回り光伝送路入力端と前記時計回り光伝送路出力端、及び反時計回り光伝送路入力端と反時計回り光伝送路出力端がそれぞれ時計回り光伝送路及び反時計回り光伝送路によりそれぞれ接続されリング状に構成されていることを特徴とするリング構成の波長分割多重光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数のノードがリング状に接続されたリング構成の光伝送装置に関し、特に波長分割多重(WDM)技術を用いたリング構成の光伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】複数のノードがリング状に接続されたリング構成の光伝送装置の従来の技術について、図16を参照して説明する。図16は、m個のノードを使用したリング構成の光伝送装置の構成の一例を示す図であり、各ノードは $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長を光波長分割多重して、光信号を送信している。

【0003】図16において、901-1~901-mは光挿入分離ノード、902-1~4は伝送路光ファイバ(902-1:反時計回り運用系、902-2:時計回り運用系、902-3:反時計回り予備系、902-4:時計回り予備系)、951は光プリアンプ(プリ光増幅器)、952は波長分離部、953は波長多重部、954は光ブースターアンプ(ブースタ光増幅器)、955は光プリアンプ、956は波長分離部、957は波長多重部、958は光ブースターアンプ、959は光プリアンプ、960は波長分離部、961は波長多重部、962は光ブースターアンプ、963は光プリアンプ、964は波長分離部、965は波長多重部、966は光ブースターアンプ、967-1~nは挿入分離(ADM)装置、971~974は高速信号受信インタフェース部、975~978は高速信号送信インタフェース部、979はクロスコネクタ部、980は低速信号インタフェース部を示している。

【0004】図16において、m個のノードは、運用系が双方向に2本、予備系が双方向に2本の、合計4本の伝送路光ファイバにてリング状に接続されている。各ノードからは、前記4本の光ファイバ伝送路それぞれに対して波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn個の波長を波長分割多重した光信号を送出し、また各ノードは前記4本の光ファイバ伝送路から波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn個の波長が波長分割多重された光信号を受信する。

【0005】次に、上記構成を有する従来のリング構成の光伝送装置の各ノードにおける動作について説明する。

【0006】反時計回り運用系の伝送路光ファイバより受信した光信号は、光プリアンプ951で増幅され、波長分離部952にて $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の波長成分に分離される。ここで波長分離された $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の光信号は、それぞれADM装置967-1~nに入力される。すなわち、ADM装置967-1には波長 λ_1 の光信号が入力され、ADM装置967-2には波長 λ_2 の光信号が入力され、ADM装置967-nには波長 λ_n の光信号が入力される。

【0007】また、各ADM装置967-1~nからは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の光信号が出力される。すな

わち、ADM装置967-1からは波長 λ_1 の光信号が、ADM装置967-2からは波長 λ_2 の光信号が、ADM装置967-nからは波長 λ_n の光信号が、それぞれ出力される。各ADM装置967-1~nから出力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の光信号は、波長多重部953にて波長分割多重され、1本の光信号として光ブースターアンプ954で増幅された後、反時計回り運用系の光ファイバ伝送路に送出される。その他の伝送路、すなわち時計回り運用系902-2、反時計回り予備系902-3、時計回り予備系902-4を介して送受信する光信号についても上記動作と同様に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の多重分離動作が行われる。

【0008】図16において、時計回り運用系については光プリアンプ955、波長分離部956、波長多重部957、光ブースターアンプ958が、反時計回り予備系については光プリアンプ959、波長分離部960、波長多重部961、光ブースターアンプ962が、時計回り予備系については光プリアンプ963、波長分離部964、波長多重部965、光ブースターアンプ966が、それぞれ適用される。

【0009】ADM装置967-1内における動作は、以下ようになる。

【0010】波長分離部952、956、960、964より入力される4本の波長 λ_1 の光信号は、それぞれ高速信号受信インタフェース部(HSRx)971~974にて光/電気変換、オーバーヘッド信号終端、時分割の分離される。この後、クロスコネクタ部979へ電気データ信号として入力される。また、高速信号送信インタフェース部(HSTx)975~978にはクロスコネクタ部979より電気データ信号を入力し、時分割多重、オーバーヘッド信号挿入、電気/光変換動作を行った後、波長 λ_1 の光信号を波長多重部953、957、961、965に出力する。クロスコネクタ部979は、高速信号受信インタフェース部(HSRx)971~974より入力される4対の電気データ信号と、高速信号送信インタフェース部(HSTx)975~978へ出力する4対の電気データ信号とを、リングネットワーク内の伝送路等の故障状態に応じて選択的に接続する機能と、入力された電気データ信号の一部または全部を低速信号インタフェース部980に対して分離接続し、低速信号インタフェース部980からの信号を出力データ信号内に挿入する機能を有する。

【0011】次に、図16に示される従来のリング状光伝送装置において、伝送路等に故障が生じた場合の回復動作について説明する。図17は、その様子を示す図である。

【0012】図17において、まず(a)通常時には、ノード2とノード5間で運用系伝送路2本を介してデータ信号を送受信している。ノード2およびノード5では、ノード内部の低速信号インタフェース部よりデータ

信号を入出力し、クロスコネクタ部にて経路を設定している。

【0013】ノード2とノード3間において、運用系伝送路2本が切断した場合の動作を図17の(b)に示す。この場合、ノード2では、ノード2-3間の運用系伝送路側に対して挿入分離するよう経路接続されていたデータ信号を、ノード2-3間の予備系伝送路側に対して挿入分離するように、クロスコネクタ部にて経路変更を行う。また、ノード3では、ノード2側の予備系伝送路を介して入出力していた光信号と、ノード4側の運用系伝送路を介して入出力していた光信号とが接続されるようにクロスコネクタ部にて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0014】ノード2とノード3間において、運用系、予備系の両方の伝送路が切断した場合の動作を図17の(c)に示す。この場合、ノード2では、ノード2-3間の運用系伝送路側に対して挿入分離するよう経路接続されていたデータ信号を、ノード2-1間の予備系伝送路側に対して挿入分離するように、クロスコネクタ部にて経路変更を行う。また、ノード3では、ノード4側の予備系伝送路を介して入出力していた光信号と、ノード4側の運用系伝送路を介して入出力していた光信号とが接続されるようにクロスコネクタ部にて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0015】ノード3が故障した場合の動作を、図17の(d)に示す。この場合、ノード2では、ノード2-3間の運用系伝送路側に対して挿入分離するよう経路接続されていたデータ信号を、ノード2-1間の予備系伝送路側に対して挿入分離するように、クロスコネクタ部により経路変更を行う。また、ノード4では、ノード5側の予備系伝送路を介して入出力していた光信号と、ノード5側の運用系伝送路を介して入出力していた光信号とが接続されるようにクロスコネクタ部にて経路変更を行う。これにより、故障した個所を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0016】次に、別の従来のリング状光伝送装置について説明する。図18は、m個のノードを使用したリング状光伝送装置の構成の一例であり、各ノードは $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長を光波長分割多重して、信号を伝送している。

【0017】図19において、901-1~901-mは光挿入分離ノード、902-1~4は伝送路光ファイバ(902-1:反時計回り運用系、902-2:時計回り運用系、902-3:時計回り予備系、902-4:反時計回り予備系)、1001は光プリアンプ、1002は波長分離部、1003は波長多重部、1004は光ブースターアンプ、1005は光プリアンプ、1006は波長分離部、1007は波長多重部、1008は

光ブースターアンプ、1009-1~nは挿入分離(ADM)装置、1010、1011は光中継アンプ、1012~1015は2×2光スイッチ、1051、1054は高速信号受信インタフェース部、1052、1053は高速信号送信インタフェース部、1055はクロスコネクタ部、1056は低速信号インタフェース部である。

【0018】図18において、m個のノードは、運用系が双方向に2本、予備系が双方向に2本の、合計4本の伝送路光ファイバにてリング状に接続されている。各ノードからは、前記光ファイバ伝送路に対して波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn個の波長を波長分割多重した光信号を送出し、また各ノードは前記光ファイバ伝送路から波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn個の波長が波長分割多重された光信号を受信する。

【0019】各ノードでの通常状態、すなわちネットワーク内に故障が発生していない場合の動作は、以下のようになる。

【0020】反時計回り運用系の伝送路光ファイバより受信した光信号は、2×2光スイッチ1012を介して光プリアンプ1001で増幅され、波長分離部1002にて $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の波長成分に分離される。ここで波長分離された $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の光信号は、それぞれADM装置1009-1~nに入力される。すなわち、ADM装置1009-1には波長 λ_1 の光信号が入力され、ADM装置1009-2には波長 λ_2 の光信号が入力され、ADM装置1009-nには波長 λ_n の光信号が入力される。

【0021】また、各ADM装置1009-1~nからは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の光信号が出力される。すなわち、ADM装置1009-1からは波長 λ_1 の光信号が、ADM装置1009-2からは波長 λ_2 の光信号が、ADM装置1009-nからは波長 λ_n の光信号が、それぞれ出力される。各ADM装置1009-1~nから出力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のn本の光信号は、波長多重部1003にて波長分割多重され、1本の光信号として光ブースターアンプ1004で増幅された後、2×2光スイッチ1013を介して反時計回り運用系の光ファイバ伝送路に送出される。時計回り運用系902-2を介して送受信する光信号についても上記動作と同様に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の多重分離動作が行われる。

【0022】図18において、時計回り運用系については2×2光スイッチ1015、光プリアンプ1005、波長分離部1006、波長多重部1007、光ブースターアンプ1008、2×2光スイッチ1014が適用される。

【0023】次に、図19に示される従来のリング状光伝送装置において、伝送路等に故障が生じた場合の回復動作について説明する。図19は回復動作の説明を行うための図である。

【0024】図19において、まず(a)通常時には、ノード2とノード5間で運用系伝送路2本を介してデータ信号を送受信している。ノード2およびノード5では、ノード内部の低速信号インタフェース部よりデータ信号を入出力し、クロスコネクタ部にて経路を設定している。

【0025】ノード2とノード3間において、運用系伝送路2本が切断した場合の動作を図19の(b)に示す。この場合、ノード2では、ノード2-3間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されてい光信号を、反対側のノード2-1間の予備系伝送路側に対して入出力するように、2×2光スイッチにて経路変更を行う。またノード3では、ノード2-3間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード3-4間の予備系伝送路側に対して入出力するように、2×2光スイッチにて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0026】ノード2とノード3間において、運用系、予備系の両方の伝送路が切断した場合の動作を図19の(c)に示す。この場合は、図19の(b)で説明した内容と同じ動作によって切断した伝送路を回避し、データ信号の通信を確保できる。

【0027】ノード3が故障した場合の動作を図19の(d)に示す。この場合ノード2では、ノード2-3間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード2-1間の予備系伝送路側に対して入出力するように、2×2光スイッチにて経路変更を行う。またノード4では、ノード4-3間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード4-5間の予備系伝送路側に対して入出力するように、2×2光スイッチにて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できるものであった。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】従来のリング構成の光伝送装置は、次に示すような問題点がある。

【0029】まず、第1の従来技術によるリング構成の光伝送装置では、各ノード内で1波長分のデータ信号処理を行う挿入分離(ADM)装置に、4個の高速信号送/受信インタフェース部と、この高速信号送/受信インタフェースと接続する全ての信号を経路変更するためのクロスコネクタ回路を必要とする。このためn波長のリング構成の光伝送装置ではこのn倍の装置が必要であり、非常に高価かつ大規模なものになってしまうという問題点を有している。

【0030】また、第2の従来技術によるリング構成の光伝送装置では、各ノードから出力される光信号を、運用系伝送路と、その逆方向の予備系伝送路の2通りにしか経路設定できず、同一方向の予備系伝送路に対して

経路変更ができない。図 20 に示される例のように、ノード 2-3 間の運用系伝送路およびノード 6 の複合故障が発生した場合、第 2 の従来技術ではノード 2-5 間の通信がとぎれてしまう。このためリング構成の光伝送装置として故障に対する信頼性が低いという問題点があった。

【0031】本発明は、光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置に関し、装置構成を容易とし、信頼性に優れたシステムの提供を目的とする。

【0032】

【課題を解決するための手段】従来の構成における上記欠点を解決するために、本発明の光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置は、まず第 1 の基本構成として、各ノードはそれぞれ、入力端より入力された第 1 の受信光信号及び第 2 の受信光信号を電気信号にそれぞれ変換する第 1 の受信器及び第 2 の受信器、電気信号を光信号に変換して第 1 の送信光信号及び第 2 の送信光信号を出力端よりそれぞれ出力する第 1 の送信器と第 2 の送信器をそれぞれ含む第 1 の端局部と第 2 の端局部と、入力端と出力端をそれぞれ有する第 1 のバイパス経路及び第 2 のバイパス経路とを備えている。

【0033】そして、反時計回り運用系光伝送路、反時計回り予備系光伝送路、第 2 の端局部の出力端及び第 1 のバイパスの出力端にそれぞれ第 1 の入力ポートが接続され、時計回り運用系光伝送路、時計回り予備系光伝送路、第 1 の端局部及び第 2 のバイパス経路の入力端にそれぞれ第 1 の出力ポートが接続され、第 1 の入力ポートから入力された光信号の光路を切替えて第 1 の出力ポートに出力する第 1 の光路切替用スイッチと、時計回り運用系光伝送路、時計回り予備系光伝送路、第 1 の端局部の出力端及び第 2 のバイパス経路の出力端にそれぞれ第 2 の入力ポートが接続され、反時計回り運用系光伝送路、反時計回り予備系光伝送路、第 2 の端局部の出力端及び第 1 のバイパス経路の出力端にそれぞれ第 2 の入力ポートが接続され、第 2 の入力ポートから入力された光信号の光路を切替えて第 2 の出力ポートに出力する第 2 の光路切替用スイッチとを備えていることを特徴としている。

【0034】ここで、第 1 のバイパス経路は入力端と出力端の間に配置され、入力された光信号を増幅して第 1 の中継増幅光信号を出力する第 1 の中継増幅器を備え、第 2 のバイパス経路は入力端と出力端の間に配置され、入力された光信号を増幅して第 2 の中継増幅光信号を出力する第 2 の中継増幅器を備えていることを特徴としている。

【0035】また、各ノードは、上記構成に加えさらに、第 1 の光路切替用スイッチと第 1 の受信器との間に配置され第 1 の受信光信号を増幅して第 1 の受信器に

出力する第 1 のプリ増幅器と、第 2 の光路切替用スイッチと第 2 の受信器との間に配置され第 2 の受信光信号を増幅して第 2 の受信器に出力する第 2 のプリ増幅器とを備えていることを特徴としている。

【0036】さらに、各ノードは、第 1 の光路切替用スイッチと第 2 の送信器との間に配置され第 1 の送信光信号を増幅して第 2 の光路切替手段に出力する第 1 のブースタ増幅器と、第 2 の光路切替用スイッチと第 1 の送信器との間に配置され第 1 の送信光信号を増幅して第 1 の光路切替用スイッチに出力する第 2 のブースタ増幅器とを備えていることを特徴としている。

【0037】また、第 1 の端局部及び第 2 の端局部はそれぞれ、第 1 の受信光信号と第 2 の受信光信号に対してそれぞれ、オーバーヘッド終端と分離動作を行う第 1 の受信インタフェース部及び第 2 の受信インタフェース部と、それぞれ入力された電気信号を時分割多重してオーバーヘッド信号挿入を行い、受信インタフェースに入力された光信号と同一の波長を有する光信号を生成して出力する第 1 の送信インタフェース部及び第 2 の送信インタフェース部とを備えている。第 1 の端局部及び第 2 の端局部はそれぞれ、第 1 の送信インタフェース部及び第 1 の受信インタフェースと、第 2 の送信インタフェース部及び第 2 の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を送受信するための低速信号インタフェース部と、第 1 の受信インタフェース部及び第 2 の受信インタフェース部より入力される 2 対の電気データ信号と第 1 の送信インタフェース部及び第 2 の送信インタフェース部へ出力する 2 対の電気データ信号をリング構成の波長分割多重光伝送装置における光伝送路又はノードの障害状態に応じて選択的に接続するとともに、第 1 の送信インタフェース部及び第 1 の受信インタフェースと第 2 の送信インタフェース部及び第 2 の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を分離又は挿入して低速インタフェース部に入出力するクロスコネクタ部とを備えていることを特徴としている。

【0038】本発明の光通信用ノードは、第 1 の波長分離部及び第 2 の波長分離部はそれぞれアレー導波路回折格子を有しており、また、第 1 の波長多重部及び第 2 の波長多重部はそれぞれアレー導波路回折格子を有している。

【0039】第 1 の中継増幅器及び第 2 の中継増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器又は半導体増幅装置を備えていることを特徴としている。また、第 1 のプリ増幅器及び第 2 のプリ増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器又は半導体増幅器を備えていることを特徴としている。また、第 1 のブースタ増幅器及び第 2 のブースタ増幅器はそれぞれ、光ファイバ増幅器又は半導体増幅器を備えていることを特徴としている。

【0040】そして、本発明のリング構成の波長分割多

重光伝送装置は、 m 個の上記ノードを備え、互いに隣接する前記ノードどうしが、時計回り運用系光伝送路と反時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路の4本の伝送路を光伝送路により接続され、リングを構成していることを特徴としている。

【0041】以下、本発明の第2の基本構成から第8までの基本構成も、第1の基本構成と同様、光通信用ノードとこれによって構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置との関係は変わらないので、リング構成の波長分割多重光通信装置として説明する。

【0042】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置は、第2の基本構成として、 m 個のノードが配置され、互いに隣接するノードどうしが光伝送路により接続されてリング状に構成されたリング構成の波長分割多重光伝送装置において、光伝送路は、時計回り運用系光伝送路と反時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路とを有している。各ノードはそれぞれ、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n (n は2以上の整数、以下同じ。)の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第1の入力光信号を、この波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第1の波長分離光を出力する第1の波長分離部と、入力端より入力された波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第1の多重化光信号を出力する第1の波長多重部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第2の入力光信号をこの波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第2の波長分離光を出力する第2の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第2の多重化光信号を出力する第2の波長多重部とを備えている。さらに、 n 個の第1の波長分離光と n 個の第2の波長分離光から、同一の波長 λ_i ($1 \leq i \leq n$)の波長成分を有する、対応する第1の波長分離光及び第2の波長分離光がそれぞれ入力される第1の波長分離光入力部及び第2の波長分離光入力部と、波長 λ_i ($1 \leq i \leq n$)と同一の波長を有する第1の挿入光信号と第2の挿入光信号が入力され、この第1の挿入光信号とこの第2の挿入光信号をそれぞれ第1の波長多重部と第2の波長多重部にそれぞれ出力する第1の挿入光信号入力部及び第2の挿入光信号入力部とをそれぞれ含む n 個の挿入分離部とを備えている。そして、入力端と出力端をそれぞれ有する第1のバイパス経路及び第2のバイパス経路と、反時計回り運用系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路と第2の波長多重部の出力端と第1のバイパスの出力端にそれぞれ第1の入力ポートが接続され、時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と第1の波長分離部と第2のバイパス経路の入力端にそれぞれ第1の出力ポートが接続さ

れ、第1の入力ポートから入力された光信号の光路を切替えて第1の出力ポートに出力する第1の光路切替用スイッチと、時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と第1の波長多重部の出力端と第2のバイパス経路の出力端にそれぞれ第2の入力ポートが接続され、反時計回り運用系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路と第2の波長分離部の出力端と第1のバイパス経路の出力端にそれぞれ第2の入力ポートが接続され、第2の入力ポートから入力された光信号の光路を切替えて第2の出力ポートに出力する第2の光路切替用スイッチとを備えていることを特徴としている。

【0043】ここで、第1のバイパス経路は、入力端と出力端の間に配置され、入力された $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 個の波長成分を有する光信号を増幅して第1の中継増幅光信号を出力する第1の中継増幅器を備え、第2のバイパス経路は、入力端と出力端の間に配置され、入力された $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 個の波長成分を有する光信号を増幅して第2の中継増幅光信号を出力する第2の中継増幅器を備えている。

【0044】また、各ノードはさらに、第1の光路切替手段と第1の波長分離部との間に配置され、入力された多重化光信号を増幅して第1の波長分離部に出力する第1のプリ増幅器と、第2の光路切替手段と第2の波長分離部との間に配置され、入力された多重化光信号を増幅して第2の波長分離部に出力する第2のプリ増幅器とを備えている。また、各ノードは、第1の光路切替用スイッチと第2の波長多重部との間に配置され、第2の多重化光信号を増幅して第1の光路切替手段に出力する第1のブースタ増幅器と、第2の光路切替手段と第1の波長多重部との間に配置され、第1の多重化光信号を増幅して第2の光路切替用スイッチに出力する第2のブースタ増幅器とを備えている。

【0045】また、 n 個の挿入分離部はそれぞれ、第1の波長分離光と第2の波長分離光をそれぞれを電気信号に変換する光電気変換器と、第1の波長分離光と第2の波長分離光に対してそれぞれオーバーヘッド終端と分離動作を行う第1の受信インタフェース部と第2の受信インタフェース部と、それぞれ入力された電気データ信号を時分割多重してオーバーヘッド信号挿入を行い、受信インタフェースに入力された光信号と同一の波長 λ_i を有する光信号を生成して出力する第1の送信インタフェース部と第2の送信インタフェース部とを備えている。

【0046】さらに、 n 個の挿入分離部はそれぞれ、第1の送信インタフェース部及び第1の受信インタフェースと、第2の送信インタフェース部及び第2の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を送受信するための低速信号インタフェース部と、第1の受信インタフェース部及び第2の受信インタフェース部より入力される2対の電気データ信号と第1の送信インタフェース部及び第2の送信インタフェース

部へ出力する 2 対の電気データ信号をリング構成の波長分割多重光伝送装置における光伝送路又はノードの障害状態に応じて選択的に接続するとともに、第 1 の送信インタフェース部及び第 1 の受信インタフェースと第 2 の送信インタフェース部及び第 2 の受信インタフェースとを介して入出力されるデータ信号の少なくとも一部を分離又は挿入して低速インタフェース部に入出力するクロスコネクタ部とを備えていることを特徴としている。

【0047】また、本発明の第 3 の基本構成として、各ノードがさらに、第 1 の波長分離部の後段に配置され、この第 1 の波長分離部から入力される波長 λ_1 乃至 λ_n の各光信号を n 個の挿入分離部に対して選択的に接続する第 1 の $n \times n$ 光スイッチと、第 2 の波長分離部の後段に配置され、この第 2 の波長分離部から入力される波長 λ_1 乃至 λ_n の各光信号を n 個の挿入分離部に対して選択的に接続する第 2 の $n \times n$ 光スイッチとを備えていることを特徴としている。

【0048】さらに、本発明の第 4 の基本構成として、上記構成に代えて、各ノードは、 n 個の挿入分離部を含む p 個 (p は n 以上の整数、以下同じ。) の挿入分離部を備え、さらに、第 1 の波長分離部の後段に配置され、この波長分離部から波長 λ_1 乃至 λ_n の n 本の光信号が入力され、 p 個の挿入分離部に対して選択的に接続する第 1 の $n \times p$ 光スイッチと、第 2 の波長分離部の後段に配置され、この波長分離部から波長 λ_1 乃至 λ_n の n 本の光信号が入力され、 p 個の挿入分離部に対して選択的に接続する第 2 の $n \times p$ 光スイッチと、第 1 の波長多重部の前段に配置され、各挿入分離部からの p 個の光信号がされ、第 1 の波長多重部の各入力端に対して選択的に接続する第 1 の $p \times n$ 光スイッチと、第 2 の波長多重部の前段に配置され、各挿入分離部からの p 個の光信号がされ、第 2 の波長多重部の各入力端に対して選択的に接続する第 1 の $p \times n$ 光スイッチとを備えていることを特徴としている。一方、各挿入分離部が、さらに、光信号の波長を波長 λ_1 乃至 λ_n の中から選定する波長選定手段を備えていることを特徴としている。

【0049】また、各ノードはさらに、 n 個の第 1 の波長分離光のうちの第 1 番目の第 1 の波長分離光と、 n 個の第 2 の波長分離光のうちの第 1 番目の第 2 の波長分離光とを互いに選択的に切り替えて、 n 個の挿入分離部のうち第 1 番目の挿入分離部の第 1 の波長分離光入力部と第 2 の挿入分離部とに出力する受信側 2×2 光スイッチと、 n 個の第 1 の挿入光信号のうちの第 1 番目の第 1 の挿入光信号と、 n 個の第 2 の挿入光信号のうちの第 1 番目の第 2 の挿入光信号とを互いに選択的に切り替えて、第 1 の波長多重部と第 2 の波長多重部とに出力する送信側 2×2 光スイッチを備えていることを特徴としている。

【0050】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置は、第 5 の基本構成として、 m 個のノードが配置さ

れ、互いに隣接するノードどうしが光伝送路により接続されてリング状に構成されたリング構成の波長分割多重光伝送装置において、光伝送路は、時計回り運用系光伝送路と反時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路とを有している。各ノードはそれぞれ、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 1 の入力光信号を、この波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 1 の波長分離光を出力する第 1 の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 1 の多重化光信号を出力する第 1 の波長多重部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 2 の入力光信号をこの波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 2 の波長分離光を出力する第 2 の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 2 の多重化光信号を出力する第 2 の波長多重部と、入力された光信号を電気信号に変換する第 1 の受信手段と、入力された光信号を電気信号に変換する第 2 の受信手段と、電気信号を光信号に変換して出力する第 1 の送信手段と、電気信号を光信号に変換して出力する第 2 の送信手段とを含む少なくとも 1 の挿入分離部とを備えている。そして、 n 個の第 1 の波長分離光のうちの少なくとも 1 の第 1 の波長分離光と、この第 1 の波長分離光の波長 λ_i に対応する波長 λ_i の波長成分を有する第 2 の波長分離光とを互いに選択的に切り替えて、挿入分離部のうちの波長 λ_i に対応する挿入分離部の第 1 の受信手段と第 2 の受信手段とに出力する受信側 2×2 光スイッチと、入力端と出力端をそれぞれ有する第 1 のバイパス経路及び第 2 のバイパス経路と、反時計回り運用系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路と第 2 の波長多重部の出力端と第 1 のバイパスの出力端にそれぞれ第 1 の入力ポートが接続され、時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と第 1 の波長分離部と第 2 のバイパス経路の入力端にそれぞれ第 1 の出力ポートが接続され、第 1 の入力ポートから入力された光信号の光路を切替えて第 1 の出力ポートに出力する第 1 の光路切替用スイッチと、時計回り運用系光伝送路と時計回り予備系光伝送路と第 1 の波長多重部の出力端と第 2 のバイパス経路の出力端にそれぞれ第 2 の入力ポートが接続され、反時計回り運用系光伝送路と反時計回り予備系光伝送路と第 2 の波長分離部の出力端と第 1 のバイパス経路の出力端にそれぞれ第 2 の入力ポートが接続され、第 2 の入力ポートから入力された光信号の光路を切替えて第 2 の出力ポートに出力する第 2 の光路切替用スイッチとを備えている。

【0051】また、各ノードはさらに、 n 個の第 1 の挿入光信号のうちの第 i 番目の第 1 の挿入光信号と、 n 個

の第2の挿入光信号のうちの第*i*番目の第2の挿入光信号とを互いに選択的に切り替えて、第1の波長多重部と第2の波長多重部とに出力する送信側2×2光スイッチを備えていることを特徴としている。

【0052】ここで、第1のバイパス経路及び第2のバイパス経路は、入力端と出力端の間に配置され、入力された、 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の*n*個の波長成分を有する光信号を増幅して第1の中継増幅光信号及び第2の中継増幅光信号をそれぞれ出力する第1の中継光増幅器及び第2の中継光増幅器を備えている。

【0053】また、各ノードは、さらに、第1の光路切替用スイッチと第1の波長分離部との間に配置され、入力された多重化光信号を光増幅して第1の波長分離部に出力する第1のプリ光増幅器と、第2の光路切替用スイッチと第2の波長分離部との間に配置され、入力された多重化光信号を光増幅して第2の波長分離部に出力する第2のプリ光増幅器とを備えている。

【0054】さらに、各ノードは、第1の光路切替用スイッチと第2の波長多重部との間に配置され、第2の多重化光信号を光増幅して第1の光路切替用スイッチに出力する第1のブースタ光増幅器と、第2の光路切替手段と第1の波長多重部との間に配置され、第1の多重化光信号を光増幅して第2の光路切替用スイッチに出力する第2のブースタ光増幅器とを備えている。

【0055】また、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置は、第5の基本構成として、*m*個のノードが配置され、互いに隣接するノードどうしが光伝送路により接続されてリング状に構成されたリング構成の波長分割多重光伝送装置において、光伝送路は、時計回り光伝送路と反時計回り光伝送路とを有している。各ノードはそれぞれ、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第1の入力光信号を、この波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる*n*個の第1の波長分離光を出力する第1の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第1の多重化光信号を出力する第1の波長多重部と、入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第2の入力光信号をこの波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる*n*個の第2の波長分離光を出力する第2の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第2の多重化光信号を出力する第2の波長多重部と、*n*個の第1の波長分離光と*n*個の第2の波長分離光から、波長 λ_i ($1 \leq i \leq n$)の波長成分を有する第1の波長分離光及びこの第1の波長分離光に対応する波長 λ_{i+n} の波長成分を有する第2の波長分離光がそれぞれ入力される第1の波長分離光入力部及び第2の波長分離光入力部と、波長 λ_i ($1 \leq i \leq n$)と同一の

波長を有する第1の挿入光信号及びこの第1の挿入光信号に対応する波長 λ_{i+n} の波長成分を有する第2の挿入光信号が入力され、この第1の挿入光信号とこの第2の挿入光信号をそれぞれ第1の波長多重部と第2の波長多重部にそれぞれ出力する第1の挿入光信号入力部及び第2の挿入光信号入力部とをそれぞれ含む*n*個の挿入分離部とを備えている。そして、反時計回り光伝送路と第1の波長分離部との間に配置され、反時計回り光伝送路より出力される第1の入力光信号の一部を分岐して第1の分岐入力光信号を出力する第1の光分岐器と、時計回り光伝送路と第2の波長分離部との間に配置され、時計回り光伝送路より出力される第2の入力光信号の一部を分岐して第2の分岐入力光信号を出力する第2の光分岐器と、第1の入力光信号と第2の分岐入力光信号とを選択して第1の波長分離部に入力する第1の2×1光スイッチと、第2の入力光信号と第1の分岐入力光信号とを選択して第2の波長分離部に入力する第2の2×1光スイッチと、第1の多重化光信号と第2の分岐多重化光信号とを結合する第1の光結合器と、第2の多重化光信号と第1の分岐多重化光信号とを結合する第2の光結合器と、第1の波長多重部と第1の光結合器との間に配置され、第1の多重化光信号を第1の光結合手段と第2の光結合器に選択して出力する第1の1×2光路選択手段と、第2の波長多重部と第2の光結合器との間に配置され、第2の多重化光信号を第2の光結合器と第1の光結合手段に選択して出力する第2の1×2光路選択手段とを備えていることを特徴としている。

【0056】ここで、各ノードはさらに、反時計回り光伝送路と第1の波長分離部との間に配置され、入力された第1の入力光信号を光増幅して第1の波長分離部に出力する第1のプリ光増幅器と、時計回り光伝送路と第2の波長分離部との間に配置され、入力された第2の入力光信号を光増幅して第2の波長分離部に出力する第2のプリ光増幅器とを備え、また、第1の波長多重部と反時計回り光伝送路との間に配置され、第1の多重化光信号を光増幅して反時計回り光伝送路に出力する第1のブースタ光増幅器と、第2の波長多重部と時計回り光伝送路との間に配置され、第2の多重化光信号を光増幅して時計回り光伝送路に出力する第2のブースタ光増幅器とを備えている。

【0057】また、本発明の第6の基本構成として、各ノードは上記構成に加え、さらに、第1の波長分離部の後段に配置され、この第1の波長分離部から入力される波長 λ_1 乃至 λ_n の各光信号を*n*個の挿入分離部に対して選択的に接続する第1の*n*×*n*光スイッチと、第2の波長分離部の後段に配置され、この第2の波長分離部から入力される波長 λ_1 乃至 λ_n の各光信号を*n*個の挿入分離部に対して選択的に接続する第2の*n*×*n*光スイッチとを備えていることを特徴としている。

【0058】また、本発明の第7の基本構成として、上

記構成に代えて、各ノードは、 n 個の挿入分離部を含む p 個 (p は n 以上の整数、以下同じ。) の挿入分離部を備え、さらに、第 1 の波長分離部の後段に配置され、この波長分離部から波長 λ_1 乃至 λ_n の n 本の光信号が入力され、 p 個の挿入分離部に対して選択的に接続する第 1 の $n \times p$ 光スイッチと、第 2 の波長分離部の後段に配置され、この波長分離部から波長 λ_1 乃至 λ_n の n 本の光信号が入力され、 p 個の挿入分離部に対して選択的に接続する第 2 の $n \times p$ 光スイッチと、第 1 の波長多重部の前段に配置され、各挿入分離部からの p 個の光信号がされ、第 1 の波長多重部の各入力端に対して選択的に接続する第 1 の $p \times n$ 光スイッチと、第 2 の波長多重部の前段に配置され、各挿入分離部からの p 個の光信号がされ、第 2 の波長多重部の各入力端に対して選択的に接続する第 1 の $p \times n$ 光スイッチとを備えていることを特徴としている。各挿入分離部は、さらに、光信号の波長を波長 λ_1 乃至 λ_n の中から選定する波長選定手段を備えている。

【0059】また、各ノードは、さらに、 n 個の第 1 の波長分離光のうちの第 1 番目の第 1 の波長分離光と、 n 個の第 2 の波長分離光のうちの第 1 番目の第 2 の波長分離光とを互いに選択的に切り替えて、 n 個の挿入分離部のうち第 1 番目の挿入分離部の第 1 の波長分離光入力部と第 2 の挿入分離部に出力する受信側 2×2 光スイッチを備え、また、 n 個の第 1 の挿入光信号のうちの第 1 番目の第 1 の挿入光信号と、 n 個の第 2 の挿入光信号のうちの第 1 番目の第 2 の挿入光信号とを互いに選択的に切り替えて、第 1 の波長多重部と第 2 の波長多重部とに出力する送信側 2×2 光スイッチを備えている。

【0060】また、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置は、第 8 の基本構成として、 m 個のノードが配置され、互いに隣接するノードどうしが光伝送路により接続されてリング状に構成されたリング構成の波長分割多重光伝送装置において、光伝送路は、時計回り光伝送路と反時計回り光伝送路とを有している。各ノードはそれぞれ、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 1 の入力光信号を、この波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 1 の波長分離光を出力する第 1 の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_1 乃至 λ_n の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 1 の多重化光信号を出力する第 1 の波長多重部と、入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の各波長成分をそれぞれ有する光信号が波長多重化された第 2 の入力光信号をこの波長成分毎に波長分離して各波長成分からなる n 個の第 2 の波長分離光を出力する第 2 の波長分離部と、入力端より入力された、波長 λ_{n+1} 乃至 λ_{n+n} の波長成分をそれぞれ有する各光信号を波長多重して第 2 の多重化光信号を出力する第 2 の波長多重部とを備えている。また、入力された光信号を電気

信号に変換する第 1 の受信器と、入力された光信号を電気信号に変換する第 2 の受信器と、電気信号を光信号に変換して出力する第 1 の送信器と、電気信号を光信号に変換して出力する第 2 の送信器とを含む少なくとも 1 の挿入分離部と、 n 個の第 1 の波長分離光のうちの少なくとも 1 の第 1 の波長分離光と、この第 1 の波長分離光の波長 λ_i に対応する波長 $\lambda_i + n$ の波長成分を有する第 2 の波長分離光とを互いに選択的に切り替えて、挿入分離部のうちの波長 λ_i 又は波長 $\lambda_i + n$ に対応する挿入分離部の第 1 の受信手段又は第 2 の受信手段に出力する受信側 2×2 光スイッチとを備えている。

【0061】そして、 n 個の第 1 の挿入光信号のうちの 1 の第 1 の波長分離光の波長 λ_i に対応する第 1 の挿入光信号と n 個の第 2 の挿入光信号のうちの波長 $\lambda_i + n$ の波長成分を有する第 2 の挿入光信号とを互いに選択的に切り替えて、第 1 の波長多重部と第 2 の波長多重部とに出力する送信側 2×2 光スイッチと、反時計回り光伝送路と第 1 の波長分離部との間に配置され、反時計回り光伝送路より出力される第 1 の入力光信号の一部を分岐して第 1 の分岐入力光信号を出力する第 1 の光分岐器と、時計回り光伝送路と第 2 の波長分離部との間に配置され、時計回り光伝送路より出力される第 2 の入力光信号の一部を分岐して第 2 の分岐入力光信号を出力する第 2 の光分岐器と、第 1 の入力光信号と第 2 の分岐入力光信号とを選択して第 1 の波長分離部に入力する第 1 の 2×1 光スイッチと、第 2 の入力光信号と第 1 の分岐入力光信号とを選択して第 2 の波長分離部に入力する第 2 の 2×1 光スイッチと、第 1 の多重化光信号と第 2 の分岐多重化光信号とを結合する第 1 の光結合器と、第 2 の多重化光信号と第 1 の分岐多重化光信号とを結合する第 2 の光結合器と、第 1 の波長多重部と第 1 の光結合手段との間に配置され、第 1 の多重化光信号を第 1 の光結合手段と第 2 の光結合手段に選択して出力する第 1 の 1×2 光路選択手段と、第 2 の波長多重部と第 2 の光結合手段との間に配置され、第 2 の多重化光信号を第 2 の光結合手段と第 1 の光結合手段に選択して出力する第 2 の 1×2 光路選択手段とを備えていることを特徴としている。

【0062】また、各ノードはさらに、反時計回り光伝送路と第 1 の波長分離部との間に配置され、入力された第 1 の入力光信号を光増幅して第 1 の波長分離部に出力する第 1 のプリ光増幅器と、時計回り光伝送路と第 2 の波長分離部との間に配置され、入力された第 2 の入力光信号を光増幅して第 2 の波長分離部に出力する第 2 のプリ光増幅器とを備えている。各ノードは、さらに、第 1 の波長多重部と反時計回り光伝送路との間に配置され、第 1 の多重化光信号を光増幅して反時計回り光伝送路に出力する第 1 のブースタ光増幅器と、第 2 の波長多重部と時計回り光伝送路との間に配置され、第 2 の多重化光信号を光増幅して時計回り光伝送路に出力する第 2 のブースタ光増幅器とを備えている。

【0063】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の上記第1の基本構成において、各ノード内の挿入分離(ADM)装置には、高速信号送受信インタフェース部を2個しか使用していないので、最初に示した従来の技術に比べて非常に安価かつ小型化が可能である。さらに、第1の基本構成では、 4×4 光スイッチにより故障回復動作を行っており、第2に示した従来の技術と比べて故障個所の回避経路が多いため、信頼性に優れる。

【0064】本発明の第2の基本構成において、上述の第1の基本構成に関する作用及び効果に加えて、本基本構成では挿入分離(ADM)装置に入力する波長チャンネルを任意に選択する $n \times n$ 光スイッチを有しており、プロテクション用波長を設けることにより、挿入分離(ADM)装置の故障に対して $(n-1):1$ の冗長構成とすることができるため、さらに信頼性に優れる。

【0065】本発明の第3の基本構成において、上述の第1の基本構成に関する作用及び効果に加えて、第3の基本構成では、伝送路より受信した各波長信号は任意の挿入分離装置に入力し、各挿入分離(ADM)装置より出力する波長を任意に設定できるため、挿入分離(ADM)装置故障に対して、 $n:(p-n)$ の冗長構成とすることができ、信頼性に優れる。また、挿入分離(ADM)装置故障時の回復動作を故障したノード内に閉じた動作で行うことができるため、操作性にも優れる。

【0066】本発明の第4の基本構成において、上述の第1の基本構成に関する作用及び効果に加えて、第4の基本構成ではノード内でデータ信号を分離/挿入する必要のない波長信号については光信号のまま伝送路に出力し、また 2×2 光スイッチによってクロスコネクト動作を行い、挿入分離(ADM)装置の代わりにクロスコネクト部を持たない多重化端局装置を使用しているため、さらに安価なシステムを提供することができる。

【0067】本発明の第5の基本構成において、各ノード内の挿入分離(ADM)装置には、高速信号送受信インタフェース部を2個しか使用していないので、最初に示した従来の技術と比べて非常に安価かつ小型化が可能である。また、右回り伝送路と左回り伝送路とで、通常時に伝送する波長チャンネルを別々に設定し、故障時には互いの伝送路に経路回避することができるため、伝送路ファイバが2本で済み、ネットワーク全体としての経済性にも優れる。

【0068】本発明の第6の基本構成において、上述の第5の基本構成に関する作用及び効果に加えて、第6の基本構成では挿入分離(ADM)装置に入力する波長チャンネルを任意に選択する $n \times n$ 光スイッチを有しているため、プロテクション用波長を設けることにより、挿入分離(ADM)装置の故障に対しても回復を行うことができるため信頼性に優れる。

【0069】本発明の第7の基本構成において、上記第6の基本構成に関する作用及び効果に加えて、本基本構成

成では、伝送路より受信した各波長信号は任意の挿入分離装置に入力し、各挿入分離(ADM)装置より出力する波長を任意に設定できるため、挿入分離(ADM)装置故障に対して、 $n:(p-n)$ の冗長構成とすることができ、信頼性に優れる。また、挿入分離(ADM)装置故障時の回復動作を故障したノード内に閉じた動作で行うことができるため、操作性にも優れる。

【0070】本発明の第8の基本構成において、上述の第5の基本構成に関する作用及び効果に加えて、第8の基本構成はノード内でデータ信号を分離/挿入する必要のない波長信号については光信号のまま伝送路に出力し、さらに 2×2 光スイッチによってクロスコネクト動作を行い、挿入分離(ADM)装置の代わりにクロスコネクト部を持たない多重化端局装置を使用しているため、さらに安価なシステムを提供することができる。

【0071】

【発明の実施の形態】次に、本発明の光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置について、図面を参照して詳細に説明する。

【0072】本発明による光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第1の実施例の構成を図1に示す。図1は、 m 個のノードを使用したリング構成の光伝送装置構成の例であり、各ノードは $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長を光波長分割多重して、信号を伝送している。

【0073】図1において、 $1-1 \sim 1-m$ は光挿入分離ノード、 $2-1 \sim 4$ は伝送路光ファイバ($2-1$:反時計回り運用系、 $2-2$:時計回り運用系、 $2-3$:時計回り予備系、 $2-4$:反時計回り予備系)、 101 、 102 は 4×4 光スイッチ、 103 は第1の光プリアンプ、 104 は第1の波長分離部、 105 は第1の波長多重部、 106 は第1の光ブースターアンプ、 107 は第2の光プリアンプ、 108 は第2の波長分離部、 109 は第2の波長多重部、 110 は第2の光ブースターアンプ、 $111-1 \sim n$ は挿入分離(ADM)装置、 112 、 113 は光中継アンプ、 201 、 202 は高速信号受信インタフェース部、 203 、 204 は高速信号送信インタフェース部、 205 は低速信号インタフェース部、 206 はクロスコネクト部である。

【0074】 m 個のノードは、運用系が双方向に2本、予備系が双方向に2本の、合計4本の伝送路光ファイバによりリング状に接続されている。各ノードからは、光ファイバ伝送路それぞれに対して波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 個の波長を波長分割多重した光信号を送出し、また各ノードは光ファイバ伝送路から波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 個の波長が波長分割多重された光信号を受信する。

【0075】各ノードでの通常状態、すなわちネットワーク内に故障が発生していない場合の動作は、以下のようになる。すなわち、反時計回り運用系の伝送路光ファイバより受信した光信号は、 4×4 光スイッチ 101 を

介して光プリアンプ 1 0 3 で増幅され、波長分離部 1 0 4 により $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 本の波長成分に分離される。ここで波長分離された $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 本の光信号は、それぞれ ADM 装置 1 1 1 - 1 $\sim n$ に入力される。すなわち、ADM 装置 1 1 1 - 1 には波長 λ_1 の光信号が入力され、ADM 装置 1 1 1 - 2 には波長 λ_2 の光信号が入力され、ADM 装置 1 1 1 - n には波長 λ_n の光信号が入力される。

【0076】また、各 ADM 装置 1 1 1 - 1 $\sim n$ からは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 本の光信号が出力される。すなわち、ADM 装置 1 1 1 - 1 からは波長 λ_1 の光信号が、ADM 装置 1 1 1 - 2 からは波長 λ_2 の光信号が、ADM 装置 1 1 1 - n からは波長 λ_n の光信号が、それぞれ出力される。各 ADM 装置 1 1 1 - 1 $\sim n$ から出力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 本の光信号は、波長多重部 1 0 5 にて波長分割多重され、1 本の光信号として光ブースターアンプ 1 0 6 で増幅された後、 4×4 光スイッチ 1 0 2 を介して反時計回り運用系の光ファイバ伝送路に送出される。時計回り運用系 2 - 2 を介して送受信する光信号についても上記動作と同様に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の多重分離動作が行われる。時計回り運用系については光プリアンプ 1 0 7、波長分離部 1 0 8、波長多重部 1 0 9、光ブースターアンプ 1 1 0 が適用される。

【0077】なお、上述した光プリアンプ及び光ブースターアンプには、希土類元素が添加された増幅用光ファイバとこれに励起光を入射する励起光源等を備えた光ファイバ増幅器や、光半導体に電流を注入して入力された光を直接増幅する半導体光増幅器を用いることができる。また、本実施例においては、波長光分離部 1 0 4、1 0 8、波長多重部 1 0 5、1 0 9 の前段にすべて光プリアンプ 1 0 3、1 0 7、および光ブースターアンプ 1 0 6、1 1 0 を配した構成を示したが、これらの一部を除去した構成によってもよい。

【0078】次に、第 1 の実施例において、伝送路等に故障が生じた場合の回復動作について説明する。図 2 にその説明図を示す。

【0079】図 2 において、まず (a) 通常時には、ノード 2 とノード 5 間で運用系伝送路 2 本を介してデータ信号を送受信している。ノード 2 およびノード 5 では、ノード内部の低速信号インタフェース部よりデータ信号を入出力し、クロスコネクタ部にて経路を設定している。

【0080】ノード 2 とノード 3 間において、運用系伝送路 2 本が切断した場合の動作を図 2 の (b) に示す。この場合、ノード 2 では、ノード 2 - 3 間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、ノード 2 - 3 間の予備系伝送路側に対して入出力するように、 4×4 光スイッチにて経路変更を行う。またノード 3 では、ノード 2 - 3 間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、ノード

2 - 3 間の予備系伝送路側に対して入出力するように、 4×4 光スイッチにて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0081】ノード 2 とノード 3 間において、運用系、予備系の両方の伝送路が切断した場合の動作を図 2 の (c) に示す。この場合は、ノード 2 では、ノード 2 - 3 間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード 2 - 1 間の予備系伝送路側に対して入出力するように、 4×4 光スイッチにて経路変更を行う。またノード 3 では、ノード 2 - 3 間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード 3 - 4 間の予備系伝送路側に対して入出力するように、 4×4 光スイッチにて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0082】ノード 3 が故障した場合の動作を図 2 の (d) に示す。この場合ノード 2 では、ノード 2 - 3 間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード 2 - 1 間の予備系伝送路側に対して入出力するように、 4×4 光スイッチにて経路変更を行う。またノード 4 では、ノード 4 - 3 間の運用系伝送路側に対して入出力するよう経路接続されていた光信号を、反対側のノード 4 - 5 間の予備系伝送路側に対して入出力するように、 2×2 光スイッチにて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できるものである。

【0083】図 1 に示される本発明の光伝送装置において使用されている 4×4 光マトリクススイッチは、図 3 に示される構成を有している。図 3 において、1 6 0 1 - 1 \sim 1 6 0 1 - 4 は光信号入力端子、1 6 0 2 - 1 \sim 1 6 0 2 - 4 は光信号出力端子、1 6 0 3 は 2×2 光スイッチ素子である。

【0084】図 3 において、入力された 4 本の光信号は、合計 6 個の 2×2 光スイッチ素子を通する間に経路を設定され、出力端子 1 6 0 2 - 1 \sim 1 6 0 2 - 4 の何れかに出力される。 2×2 光スイッチ素子 1 6 0 3 には、通常 L i N b O 3 等の強誘電体材料が使用される。 2×2 光スイッチ素子 1 6 0 3 は、通常基板上にマトリクス状態で配置され、スイッチ素子間の接続には光導波路が用いられる。

【0085】図 1 における波長分離部および波長多重部には、アレー導波路回折格子 (AWG: Arrayed-Waveguide Grating) の合分波器が使用される。図 4 は、AWG 合分波器の構造を示している。AWG 合分波器は、プレナー光波回路 (PLC: Planar Lightwave Circuit) 技術を応用したものであり、シリコン基板上に設けられたスラブ導波路および AWG などから構成されている。

【0086】入力された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長多重され

た光信号は、スラブ導波路で回折して広がり、AWGに等位相で分配される。このAWGには光路長差があるため、出力側のスラブ導波路で干渉しあって、出力側の導波路アレイに波長の異なる光に分けて出力される。いわば一種のプリズムのような役割りを果たす。また、図の出力側から各波長の光信号を入力することにより、波長多重機能としても使用できる。図5にAWG合分波器の特性例を示す。

【0087】本発明の第1の実施例によれば、各ノード内の挿入分離(ADM)装置内に、高速信号送受信インタフェース部を2個しか使用していないので、第1の従来技術と比べて非常に安価かつ小型化が可能である。さらに、第1の実施例は4×4光スイッチにより故障回復動作を行っており、第2の従来技術と比べて故障個所の回避経路が多いため、信頼性に優れるという効果がある。図20(a)に示される従来技術においては、故障回避ができない場合であっても、(b)に示されるように、本発明の構成によればこれを回避することができることになる。

【0088】次に、本発明の光通信ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第2の基本構成を有する、第2の実施例について説明する。

【0089】図6は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第2の実施例の構成を示す図である。なお、図6において、図1と同じ番号を付けたものは図1で説明したものと同一のものである。その他の番号については、114、115が $n \times n$ 光スイッチである。

【0090】図6においては、波長分離部104および108の後段に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号を選択的に接続する $n \times n$ の光スイッチ114および115をそれぞれ配置している。この $n \times n$ 光スイッチにより、伝送路より受信した光信号を任意の挿入分離装置に入力し、信号の経路変更を行う。図6に示される構成では、 $\lambda_1 \sim \lambda_{n-1}$ をサービス用波長とし、 λ_n をプロテクション用波長として設定しており、挿入分離装置111-1～111-($n-1$)のいずれかが故障した場合に、挿入分離装置111- n を経由する経路に切り替える。

【0091】図7に挿入分離装置故障時の動作を示す。なお、図7において、図6と同じ番号を付けたものは図6で説明したものと同一のものである。その他の番号については、210～211が2:1セクタである。

【0092】図7に示される構成においては、通常時に波長 λ_1 の光信号は $n \times n$ 光スイッチ114を介して挿入分離装置111-1に入力され、データ信号の挿入分離を行った後、波長 λ_1 の光信号で再び出力される。ここで、挿入分離装置111-1中の高速信号受信インタフェース部201が故障した場合、 $n \times n$ 光スイッチは、入力された波長 λ_1 の光信号を挿入分離装置111- n と接続するよう経路を切り替える。挿入分離装置1

11- n に入力された波長 λ_1 の光信号は、光/電気変換、多重分離、データ信号の挿入分離、電気/光変換され、波長 λ_n の光信号として伝送路に出力される。低速信号インタフェース部に対して分離/挿入するデータ信号については、挿入分離装置111- n 内のクロスコネクタ部と、挿入分離装置111-1内の低速信号インタフェース部205とが接続するように2:1セクタ210～212を切り替える。挿入分離装置111- n から送出された波長 λ_n の光信号は、次のノード内の $n \times n$ 光スイッチで挿入分離装置111-1に入力するよう切り替える。これにより、挿入分離装置の故障個所を回避して通信を回復できる。

【0093】その他の部分の動作については、第1の実施例の説明における内容と同様である。

【0094】本発明の第2の実施例の構成によれば、上述の第1の実施例に関する効果に加えて、挿入分離(ADM)装置に入力する波長チャンネルを任意に選択する $n \times n$ 光スイッチを有しており、プロテクション用波長を設けることにより、挿入分離(ADM)装置の故障に対しても回復を行うことができるため、さらに信頼性に優れるという効果がある。

【0095】次に、本発明の光通信ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第3の基本構成を有する、第3の実施例について説明する。

【0096】図8は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第3の実施例の構成示す図である。図8において、図1と同じ番号を付けたものは図1で説明したものと同一のものである。その他の番号については、150、152が $n \times p$ 光スイッチ、151、153が $p \times n$ 光スイッチ、207、208が送信波長設定機能付きの高速信号インタフェース部である。

【0097】図8に示される構成においては、波長分離部104および108の後段に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号を、後段の p 個の挿入分離装置111-1～ p に対して選択的に接続する $n \times p$ 光スイッチ150および152をそれぞれ配置している。

【0098】また、 p 個($p \geq n$)の挿入分離装置111-1～ p の後段に、挿入分離装置の出力である波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の光信号を、波長多重部305、313に対して選択的に接続する $p \times n$ 光スイッチ151および153をそれぞれ配置し、挿入分離装置内の高速信号送信インタフェースは送信する光信号の波長を $\lambda_1 \sim \lambda_n$ まで任意に選択する。これらの $n \times p$ および $p \times n$ 光スイッチにより、挿入分離装置で設定して出力する波長を、波長多重部105および109の所定の波長入力ポートに接続する。

【0099】図9は、図8に示される本発明の第3の実施例における挿入分離装置故障時の動作を示している。図9において、図8と同じ番号を付けたものは図8で説

明したものと同一ものである。その他の番号については、210～211が2:1セクタである。

【0100】図9に示される構成においては、通常時に波長 λ 1の光信号は $n \times p$ 光スイッチ150を介して挿入分離装置111-1に入力され、データ信号の挿入分離を行った後、波長 λ 1の光信号で $p \times n$ 光スイッチ151を介して再び出力される。挿入分離装置111-1中の高速信号受信インタフェース部201が故障した場合、 $n \times p$ 光スイッチ150は、入力された波長 λ 1の光信号を挿入分離装置111-pと接続するよう経路を切り替える。挿入分離装置111-pに入力された波長 λ 1の光信号は、光/電気変換、多重分離、データ信号の挿入分離、電気/光変換された後、波長 λ 1の光信号として出力される。

【0101】 $p \times n$ 光スイッチ151は、挿入分離装置111-pより入力された波長 λ 1の光信号を、波長多重部の λ 1入力ポートに対して出力するよう経路を変更する。低速信号インタフェース部に対して分離/挿入するデータ信号については、挿入分離装置111-p内のクロスコネクタ部と、挿入分離装置111-1内の低速信号インタフェース部205とが接続するように2:1セクタ210～212を切り替える。これにより、挿入分離装置の故障箇所を回避して通信を回復できる。その他の部分の動作については、本発明の第1の実施例における説明の内容と同様である。

【0102】本発明の第3の実施例によれば、前述の第1の実施例に関する効果に加えて、伝送路より受信した各波長信号は任意の挿入分離装置に入力し、各挿入分離(ADM)装置より出力する波長を任意に設定できるため、挿入分離(ADM)装置故障に対して、 $n:(p-n)$ の冗長構成とすることができ、信頼性に優れるという効果がある。また、挿入分離(ADM)装置故障時の回復動作を故障したノード内に閉じた動作で行うことができるため、操作性に優れるという効果がある。

【0103】次に、本発明の光通信ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第4の基本構成を有する、第4の実施例について説明する。

【0104】図10は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第4の実施例の構成を示す図である。図4において、図1と同じ番号を付けたものは図1で説明したものと同一ものである。その他の番号については、118、119が 2×2 光スイッチ、120、121が多重化端局装置である。

【0105】図10では、波長分離部104、108から出力される波長 λ 1～ λ nの光信号のうち、 λ 1のみ分離/挿入し、その他の波長についてはそのまま波長多重部105、109に入力し、光ブースターアンプ106、110および 4×4 光スイッチ101、102を介して伝送路に出力する。波長分離部104および108

から出力される波長 λ 1の光信号2本は、 2×2 光スイッチに入力され2個の多重化端局装置120、121に対して選択的に接続される。多重化端局装置120、121ではそれぞれ入力された光信号を光/電気変換、多重分離、電気/光変換を行い、波長 λ 1の光信号を生成して出力する。多重化端局装置120、121から出力された光信号は、 2×2 光スイッチ119にて波長多重部105、109と選択的に接続される。

【0106】本発明の第4の実施例においては、各ノード間の通信は波長単位で設定される。すなわち、ノード1とノード3の間で通信を行う場合には、ノード1とノード3の両者により同一波長の挿入分離を行うように設定される。

【0107】また、伝送路故障時の動作については図2に示すように、第1の実施例と同様の動作となる。

【0108】本発明の第4の実施例によれば、前述の第1の実施例に関する効果に加えて、ノード内でデータ信号を分離/挿入する必要のない波長信号については光信号のまま伝送路に出力し、また 2×2 光スイッチによってクロスコネクタ動作を行い、挿入分離(ADM)装置の代わりにクロスコネクタ部を持たない多重化端局装置を使用しているため、さらに安価なシステムを提供できるという効果が得られる。

【0109】次に、本発明の光通信ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第5の基本構成を有する、第5の実施例について説明する。

【0110】図11は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第4の実施例の構成を示す図である。図5において、1-1～1-mは光挿入分離ノード、2-1～2は伝送路光ファイバ(2-1:反時計回り、2-2:時計回り)、301は第1の光プリアンプ、302は第1の光分岐器、303は第1の 2×1 光スイッチ、304は第1の波長分離部、305は第1の波長多重部、306は第1の 1×2 光スイッチ、307は第1の光結合器、308は第1の光ブースターアンプ、309は第2の光プリアンプ、310は第2の光分岐器、311は第2の 2×1 光スイッチ、312は第2の波長分離部、313は第2の波長多重部、314は第2の 1×2 光スイッチ、315は第2の光結合器、316は第2の光ブースターアンプ、317-1～nは挿入分離(ADM)装置、401、402は高速信号受信インタフェース部、403、404は高速信号送信インタフェース部、405は低速信号インタフェース部、406はクロスコネクタ部である。

【0111】図11において、m個のノードは、双方向に2本の伝送路光ファイバにてリング状に接続されている。各ノードでの通常状態、すなわちネットワーク内に故障が発生していない場合の動作は以下になる。すなわち、各ノードからは、2本の光ファイバ伝送路に

対して、反時計回り方向に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 個の波長を波長分割多重した光信号を、時計回り方向に波長 $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の n 個の波長を波長分割多重した光信号を送出し、また各ノードは、時計回り方向から波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 個の波長が波長分割多重された光信号を、時計回り方向から波長 $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の n 個の波長が波長分割多重された光信号を受信する。

【0112】反時計回り伝送路光ファイバより受信した光信号は光プリアンプ301で増幅され、時計回り伝送路光ファイバより受信した光信号は光プリアンプ310で増幅され、これら2本の光信号は、光分岐器302、310および 2×1 光スイッチ303、311によって交絡的に接続され、波長分離部304、312に入力される。波長分離部304では入力した光信号を波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 本の波長成分に分離し、波長分離部312では入力した光信号を波長 $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の n 本の波長成分に分離する。ここで波長分離された $\lambda_1 \sim \lambda_n$ および $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の光信号は、それぞれADM装置317-1 $\sim n$ に入力される。すなわち、ADM装置317-1には波長 λ_1 と λ_{n+1} の光信号が入力され、ADM装置317-2には波長 λ_2 と λ_{n+2} の光信号が入力され、ADM装置317- n には波長 λ_n と λ_{n+n} の光信号が入力される。

【0113】また、各ADM装置317-1 $\sim n$ からは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ および $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の光信号が出力される。すなわち、ADM装置317-1からは波長 λ_1 と λ_{n+1} の光信号が、ADM装置317-2からは波長 λ_2 と λ_{n+2} の光信号が、ADM装置317- n からは波長 λ_n と λ_{n+n} の光信号が、それぞれ出力される。各ADM装置317-1 $\sim n$ から出力された信号のうち、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の n 本の光信号は波長多重部305にて波長分割多重され、波長 $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の n 本の光信号は波長多重部314にて波長分割多重される。波長多重部305からの光信号は 1×2 光スイッチ306により光結合器307または315のいずれかを選択して出力され、波長多重部314からの光信号は 1×2 光スイッチ314により光結合器307または315のいずれかを選択して出力される。光結合器307にて結合された光信号は、光ブースターアンプ308にて増幅された後反時計回り伝送路に出力され、光結合器315にて結合された光信号は、光ブースターアンプ316にて増幅された後時計回り伝送路に出力される。

【0114】次に、図11に示される本発明の第5の実施例において、伝送路等に故障が生じた場合の回復動作について説明する。図12にその説明図を示す。

【0115】図12において、まず(a)通常時には、ノード2とノード5間で双方向の伝送路2本を介してデータ信号を送受信している。ノード2およびノード5では、ノード内部の低速信号インタフェース部よりデータ

信号を入出力し、クロスコネクタ部にて経路を設定している。

【0116】ノード2とノード3間において、時計回り伝送路が切断した場合の動作を図12の(b)に示す。この場合、ノード3では、ノード2-3間の時計回り伝送路側に対して出力するよう経路接続されていた光信号を、ノード3-4間の反時計回り伝送路側に対して結合するように、 1×2 光スイッチ314にて経路変更を行う。またノード2では、ノード2-3間の時計回り伝送路側より入力するよう経路接続されていた光信号を、ノード1-2間の反時計回り伝送路側より入力するように、 2×1 光スイッチ311にて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0117】ノード2とノード3間において、時計回り、反時計回りの両方の伝送路が切断した場合の動作を図12の(c)に示す。この場合は、図12(b)において行った動作に加えて、ノード2により、ノード2-3間の反時計回り伝送路側に対して出力するよう経路接続されていた光信号を、の1-2間の時計回り伝送路側に対して出力するように、 1×2 光スイッチ306にて経路変更を行い、ノード5にて、ノード5-4間の反時計回り伝送路側より入力するよう経路接続されていた光信号を、ノード5-6間の時計回り伝送路側より入力するように、 1×2 光スイッチ303にて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0118】ノード3が故障した場合の動作を図12(d)に示す。この場合、ノード4では、ノード4-3間の時計回り伝送路側に対して出力するよう経路接続されていた光信号を、ノード4-5間の反時計回り伝送路側に対して結合するように、 1×2 光スイッチ314にて経路変更を行う。またノード2では、ノード2-3間の時計回り伝送路側より入力するよう経路接続されている光信号を、ノード1-2間の反時計回り伝送路側より入力するように、 2×1 光スイッチ311にて経路変更を行うとともに、ノード2-3間の反時計回り伝送路側に対して出力するよう経路接続されていた光信号を、ノード1-2間の時計回り伝送路側に対して出力するように、 1×2 光スイッチ306にて経路変更を行う。さらにノード5にて、ノード5-4間の反時計回り伝送路側より入力するよう経路接続されていた光信号を、ノード5-6間の時計回り伝送路側より入力するように、 1×2 光スイッチ303にて経路変更を行う。これにより、切断した伝送路を回避してデータ信号の通信を確保できる。

【0119】本発明の第5の実施例によれば、各ノード内の挿入分離(ADM)装置内に、高速信号送受信インタフェース部を2個しか使用していないので、第1の従来技術と比べて非常に安価かつ小型化が可能である。ま

た、右回り伝送路と左回り伝送路とで、通常時に伝送する波長チャネルを別々に設定し、故障時には互いの伝送路に経路回避することができるため、伝送路ファイバが2本で済み、ネットワーク全体としての経済性に優れるという効果が得られる。

【0120】次に、本発明の光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第6の基本構成を有する、第6の実施例について説明する。

【0121】図13は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第6の実施例の構成を示す図である。図13において、図11と同じ番号を付けたものは図11で説明したものと同一のものである。その他の番号については、318、319が $n \times n$ 光スイッチである。

【0122】図13では、波長分離部304および312の後段に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ および $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の光信号を選択的に接続する $n \times n$ の光スイッチ318および319をそれぞれ配置している。この $n \times n$ 光スイッチにより、伝送路より受信した光信号を任意の挿入分離装置に入力し、信号の経路変更を行う。図13では、 $\lambda_1 \sim \lambda_{n-1}$ および $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+(n-1)}$ をサービス用波長とし、 λ_n および λ_{n+n} をプロテクション用波長として設定しており、挿入分離装置317-1 \sim 317-($n-1$)のいずれかが故障した場合に、挿入分離装置317-nを経由する経路に切り替える。

【0123】挿入分離装置故障時の動作については、本発明の第2の実施例における図7を参照して説明した動作と同様である。

【0124】その他の部分の動作については、本発明の第5の実施例において説明した内容と同様である。

【0125】本発明の第6の実施例によれば、前述の第5の実施例に関する効果に加えて、挿入分離(ADM)装置に入力する波長チャネルを任意に選択する $n \times n$ 光スイッチを有しているため、プロテクション用波長を設けることにより、挿入分離(ADM)装置の故障に対しても回復を行うことができるため信頼性に優れるという効果がある。

【0126】次に、本発明の光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第7の基本構成を有する、第7の実施例について説明する。

【0127】図14は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第7の実施例の構成を示す図である。図14において、図11と同じ番号を付けたものは、図11図11で説明したものと同一のものである。その他の番号については、350、352が $n \times p$ 光スイッチ、351、353が $p \times n$ 光スイッチ、407、408が送信波長設定機能付きの高速信号インタフェース部である。

【0128】図14においては、波長分離部304およ

び312の後段に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ または $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の光信号を、後段の p 個の挿入分離装置317-1 \sim 317-pに対して選択的に接続する $n \times p$ 光スイッチ150および152をそれぞれ配置している。

【0129】また、 p 個($p \geq n$)の挿入分離装置317-1 \sim 317-pの後段に、挿入分離装置の出力である波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ または $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の光信号を、波長多重部305、313に対して選択的に接続する $p \times n$ 光スイッチ315および353をそれぞれ配置し、挿入分離装置内の高速信号送信インタフェースは送信する光信号の波長を $\lambda_1 \sim \lambda_n$ または $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ まで任意に選択する。これらの $n \times p$ および $p \times n$ 光スイッチにより、挿入分離装置で設定して出力する波長を、波長多重部305および313の所定の波長入力ポートに接続する。

【0130】挿入分離装置故障時の動作については、本発明の第3の実施例において説明した図9に示す動作と同様である。

【0131】その他の部分の動作については、本発明の第5の実施例において説明した内容と同様である。

【0132】本発明の第7の実施例によれば、前述の第5の実施例に関する効果に加えて、伝送路より受信した各波長信号は任意の挿入分離装置に入力し、各挿入分離(ADM)装置より出力する波長を任意に設定できるため、挿入分離(ADM)装置故障に対して、 $n : (p-n)$ の冗長構成とすることができ、信頼性に優れるという効果がある。また、挿入分離(ADM)装置故障時の回復動作を故障したノード内に閉じた動作で行うことができるため、操作性に優れるという効果がある。

【0133】次に、本発明の光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置の第8の基本構成を有する、第8の実施例について説明する。

【0134】図15は、本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第8の実施例の構成を示す図である。図15において、図11と同じ番号を付けたものは、図11で説明したものと同一のものである。その他の番号については、324、325が 2×2 光スイッチ、322、323が多重化端局装置である。

【0135】図15では、波長分離部304、312から出力される波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ および $\lambda_{n+1} \sim \lambda_{n+n}$ の光信号のうち、 λ_1 と λ_{n+1} のみ分離/挿入し、その他の波長についてはそのまま波長多重部305、313に入力し、 1×2 光スイッチ306、314、光結合器307、315および光ブースターアンプ308、316を介して伝送路に出力する。波長分離部304および308から出力される波長 λ_1 と λ_{n+1} の光信号2本は、 2×2 光スイッチ324に入力され2個の多重化端局装置322、323に対して選択的に接続される。多重化端局装置322、323ではそれぞれ入力された

光信号を光／電気変換、多重分離、電気／光変換を行い、波長 λ_1 および λ_{n+1} の光信号をそれぞれ生成して出力する。多重化端局装置 322、323 から出力された光信号は、 2×2 光スイッチ 325 にて波長多重部 305、313 と選択的に接続される。

【0136】第8の実施例は、各ノード間の通信は波長単位で設定される。すなわち、ノード1とノード3の間で通信を行う場合には、ノード1とノード3の両者において同一波長の挿入分離を行うように設定される。

【0137】また、伝送路故障時の動作については、図 12 に示される第5の実施例と同様の動作となる。

【0138】本発明の第8の実施例によれば、前述の第5の実施例に関する効果に加えて、ノード内でデータ信号を分離／挿入する必要のない波長信号については光信号のまま伝送路に出力し、さらに 2×2 光スイッチによってクロスコネクト動作を行い、挿入分離 (ADM) 装置の代わりにクロスコネクト部を持たない多重化端局装置を使用しているため、さらに安価なシステムを提供できるという効果がある。

【0139】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光通信用ノード及びこれにより構成されるリング構成の波長分割多重光伝送装置によれば各ノード内の挿入分離 (ADM) 装置内に、高速信号送受信インタフェース部を2個しか使用していないので、第1の従来の技術と比べて非常に安価かつ小型化が可能である。さらに、第1の実施例は 4×4 光スイッチにより故障回復動作を行っており、第2の従来技術と比べて故障個所の回避経路が多いため、信頼性に優れるという効果がある。

【0140】また、挿入分離 (ADM) 装置に入力する波長チャンネルを任意に選択する $n \times n$ 光スイッチを有しており、プロテクション用波長を設けることにより、挿入分離 (ADM) 装置の故障に対しても回復を行うことができるため、さらに信頼性に優れるという効果もある。

【0141】さらに、伝送路より受信した各波長信号は任意の挿入分離装置に入力し、各挿入分離 (ADM) 装置より出力する波長を任意に設定できるため、挿入分離 (ADM) 装置故障に対して、 $n : (p - n)$ の冗長構成とすることができ、信頼性に優れるという効果がある。また、挿入分離 (ADM) 装置故障時の回復動作を故障したノード内に閉じた動作で行うことができるため、操作性に優れるという効果がある。

【0142】また、ノード内でデータ信号を分離／挿入する必要のない波長信号については光信号のまま伝送路に出力し、また 2×2 光スイッチによってクロスコネクト動作を行い、挿入分離 (ADM) 装置の代わりにクロスコネクト部を持たない多重化端局装置を使用しているため、さらに安価なシステムを提供できるという効果がある。

【0143】挿入分離 (ADM) 装置内に、高速信号送受信インタフェース部を2個しか使用していないので、第1の従来技術と比べて非常に安価かつ小型化が可能である。また、右回り伝送路と左回り伝送路とで、通常時に伝送する波長チャンネルを別々に設定し、故障時には互いの伝送路に経路回避することができるため、伝送路ファイバが2本で済み、ネットワーク全体としての経済性に優れるという効果もある。挿入分離 (ADM) 装置に入力する波長チャンネルを任意に選択する $n \times n$ 光スイッチを有しているため、プロテクション用波長を設けることにより、挿入分離 (ADM) 装置の故障に対しても回復を行うことができるため信頼性に優れるという効果もある。

【0144】また、伝送路より受信した各波長信号は任意の挿入分離装置に入力し、各挿入分離 (ADM) 装置より出力する波長を任意に設定できるため、挿入分離 (ADM) 装置故障に対して、 $n : (p - n)$ の冗長構成とすることができ、信頼性に優れるという効果がある。また、挿入分離 (ADM) 装置故障時の回復動作を故障したノード内に閉じた動作で行うことができるため、操作性に優れるという効果がある。

【0145】さらに、ノード内でデータ信号を分離／挿入する必要のない波長信号については光信号のまま伝送路に出力し、さらに 2×2 光スイッチによってクロスコネクト動作を行い、挿入分離 (ADM) 装置の代わりにクロスコネクト部を持たない多重化端局装置を使用しているため、さらに安価なシステムを提供できるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第1の実施例の構成を示す図である。

【図2】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第1の実施例において、故障が生じた場合の回復動作を説明するための図である。

【図3】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第1の実施例に用いられている 4×4 光スイッチの構成の一例を示す図である。

【図4】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第1の実施例に用いられている AGW 合分波モジュールの構成の一例を示す図である。

【図5】図4に示されている AGW 合分波モジュールの特性例を示す図である。

【図6】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第2の実施例の構成を示す図である。

【図7】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第2の実施例において、故障が生じた場合の回復動作を説明するための図である。

【図8】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第3の実施例の構成を示す図である。

【図9】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置

の第3の実施例において、故障が生じた場合の回復動作を説明するための図である。

【図10】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第4の実施例の構成を示す図である。

【図11】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第5の実施例の構成を示す図である。

【図12】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第5の実施例において、故障が生じた場合の回復動作を説明するための図である。

【図13】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第6の実施例の構成を示す図である。

【図14】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第7の実施例の構成を示す図である。

【図15】本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置の第8の実施例の構成を示す図である。

【図16】光伝送装置の第1の従来の技術による構成を示すための図である。

【図17】第1の従来の技術の光伝送装置において、故障が生じた場合の回復動作を説明するための図である。

【図18】光伝送装置の第2の従来の技術による構成を示すための図である。

【図19】第2の従来の技術の光伝送装置において、故障が生じた場合の回復動作を説明するための図である。

【図20】従来の技術による光伝送装置、及び本発明のリング構成の波長分割多重光伝送装置のそれぞれにおける、故障が生じた場合の状態を説明するための図である。

【符号の説明】

1-1~1-m 光挿入分離ノード
 2-1~4 伝送路光ファイバ（2-1：反時計回り運用系、2-2：時計回り運用系、2-3：時計回り予備系、2-4：反時計回り予備系）、
 101, 102 4×4光スイッチ
 103 第1の光プリアンプ
 104 第1の波長分離部
 105 第1の波長多重部
 106 第1の光ブースターアンプ
 107 第2の光プリアンプ
 108 第2の波長分離部
 109 第2の波長多重部
 110 第2の光ブースターアンプ
 111-1~n 挿入分離（ADM）装置
 112, 113 光中継アンプ
 201, 202 高速信号受信インタフェース部
 203, 204 高速信号送信インタフェース部
 205 低速信号インタフェース部
 206 クロスコネクタ部
 114, 115 n×n光スイッチ
 150, 152 n×p光スイッチ
 151, 153 p×n光スイッチ

207, 208 送信波長設定機能付きの高速信号インタフェース部

118, 119 2×2光スイッチ

120, 121 多重化端局装置

1-1~1-m 光挿入分離ノード

2-1~2 伝送路光ファイバ（2-1：反時計回り、2-2：時計回り）

301 第1の光プリアンプ

302 第1の光分岐器

303 第1の2×1光スイッチ

304 第1の波長分離部

305 第1の波長多重部

306 第1の1×2光スイッチ

307 第1の光結合器

308 第1の光ブースターアンプ

309 第2の光プリアンプ

310 第2の光分岐器 311 第2の2×1光スイッチ

312 第2の波長分離部

313 第2の波長多重部

314 第2の1×2光スイッチ

315 第2の光結合器

316 第2の光ブースターアンプ

317-1~n 挿入分離（ADM）装置

401, 402 高速信号受信インタフェース部

403, 404 高速信号送信インタフェース部

405 低速信号インタフェース部

406 クロスコネクタ部

318, 319 n×n光スイッチ

350, 352 n×p光スイッチ

351, 353 p×n光スイッチ

407, 408 送信波長設定機能付きの高速信号インタフェース部

324, 325 2×2光スイッチ

322, 323 多重化端局装置

901-1~901-m 光挿入分離ノード

902-1~4 伝送路光ファイバ（902-1：反時計回り運用系、902-2：時計回り運用系、902-3：反時計回り予備系、902-4：時計回り予備系）

40 951 光プリアンプ

952 波長分離部

953 波長多重部

954 光ブースターアンプ

955 光プリアンプ

956 波長分離部

957 波長多重部

958 光ブースターアンプ

959 光プリアンプ

960 波長分離部

50 961 波長多重部

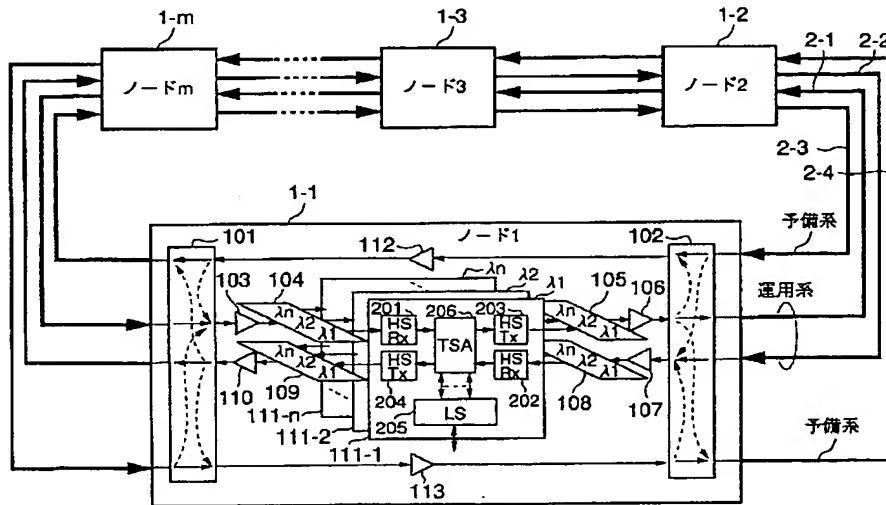
39

962 光ブースターアンプ
 963 光プリアンプ
 964 波長分離部
 965 波長多重部
 966 光ブースターアンプ
 967-1~n 挿入分離 (ADM) 装置
 971~974 高速信号受信インタフェース部
 975~978 高速信号送信インタフェース部
 979 クロスコネクタ部
 980 低速信号インタフェース部
 901-1~901-m 光挿入分離ノード
 902-1~4 伝送路光ファイバ (902-1: 反時計回り運用系、902-2: 時計回り運用系、902-3: 時計回り予備系、902-4: 反時計回り予備系)
 1001 光プリアンプ
 1002 波長分離部
 1003 波長多重部

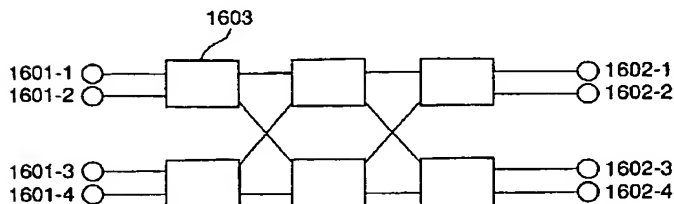
40

1004 光ブースターアンプ
 1005 光プリアンプ
 1006 波長分離部
 1007 波長多重部
 1008 光ブースターアンプ
 1009-1~n 挿入分離 (ADM) 装置
 1010, 1011 光中継アンプ
 1012~1015 2×2光スイッチ
 1051, 1054 高速信号受信インタフェース部
 1052, 1053 高速信号送信インタフェース部
 1055 クロスコネクタ部
 1056 低速信号インタフェース部
 1601-1~1601-4 光信号入力端子
 1602-1~1602-4 光信号出力端子
 1603 2×2光スイッチ素子
 210~211 2×1セクタ
 210~211 2×1セクタ

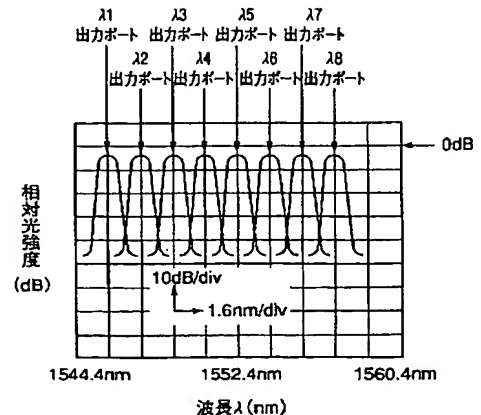
【図1】



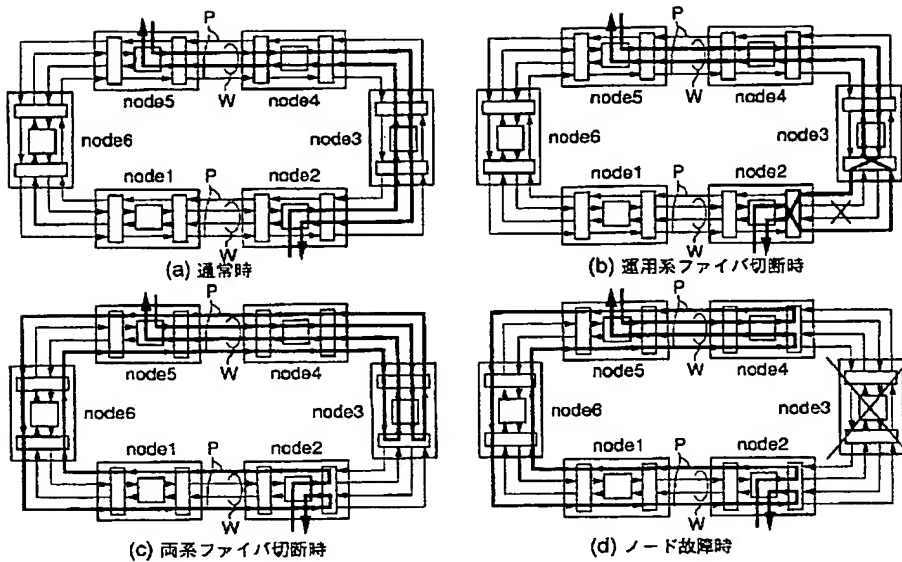
【図3】



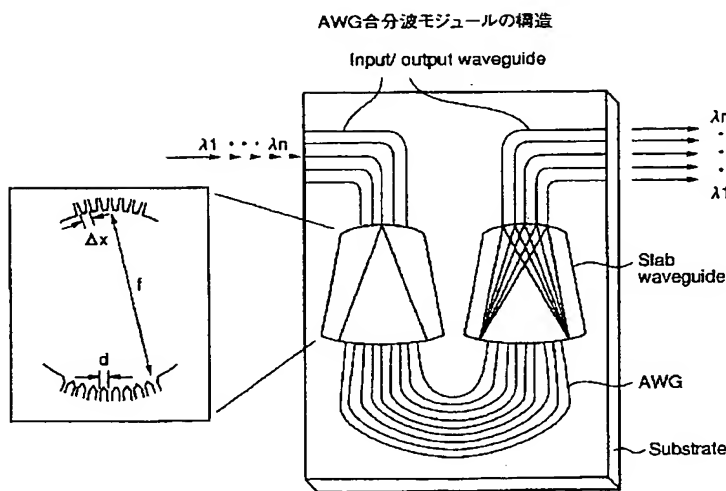
【図5】



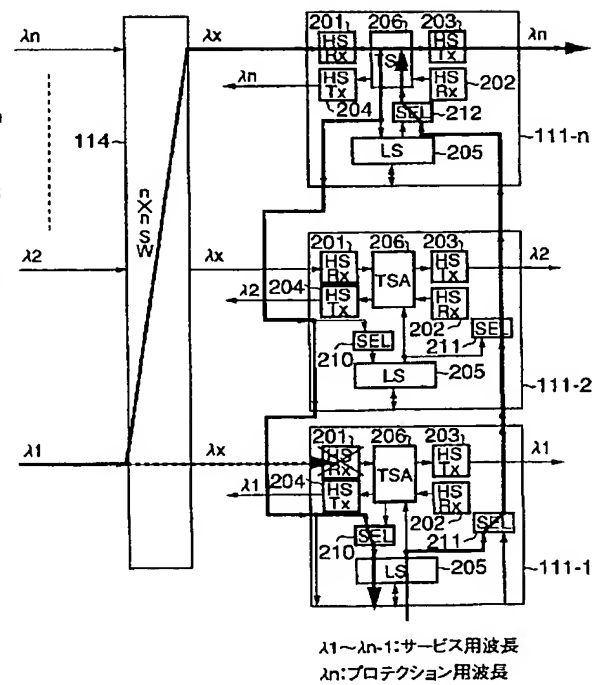
【図 2】



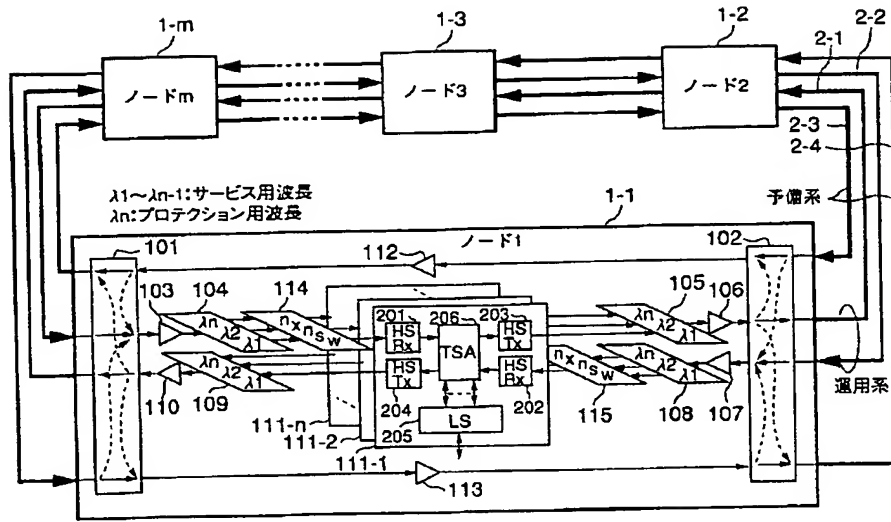
【図 4】



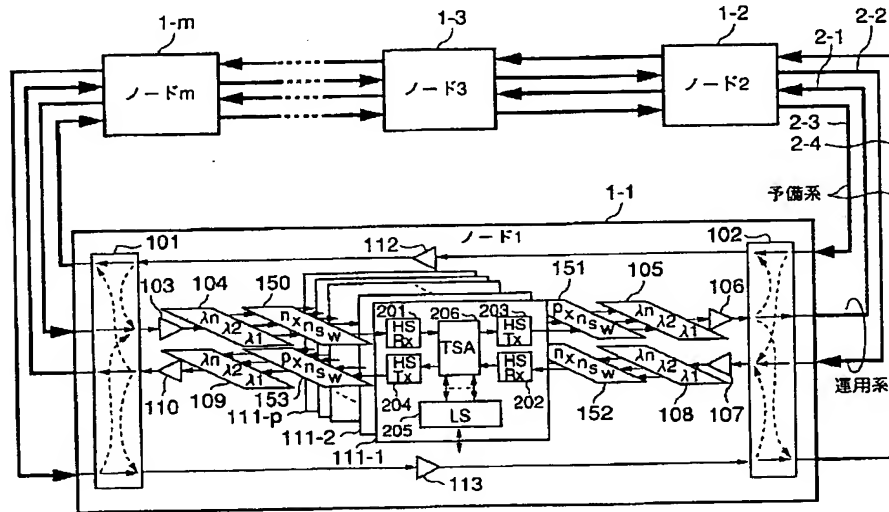
【図 7】



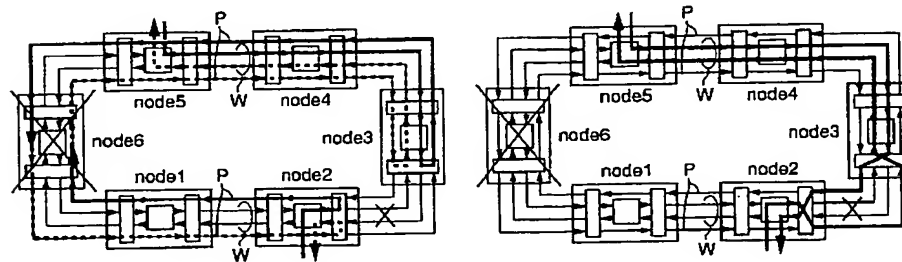
【図 6】



【図 8】



【図 20】

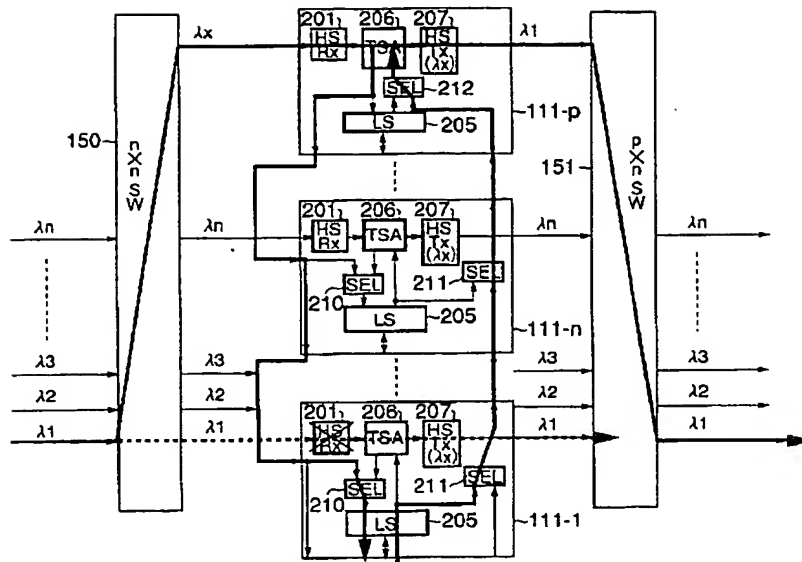


(a) 第二の従来技術の動作

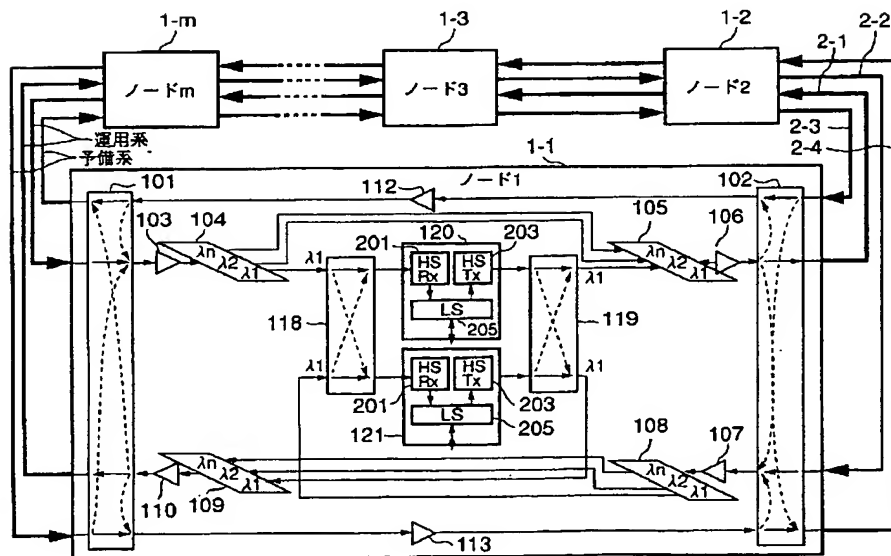
(b) 本発明の動作 (第一～四の実施例)

—ノード2-3間の運用系伝送路、及びノード6の故障の組み合わせ—

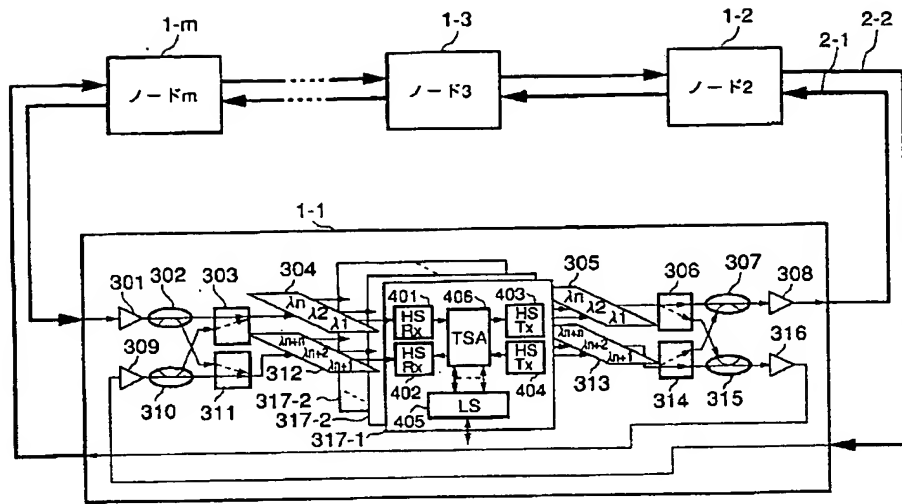
【図 9】



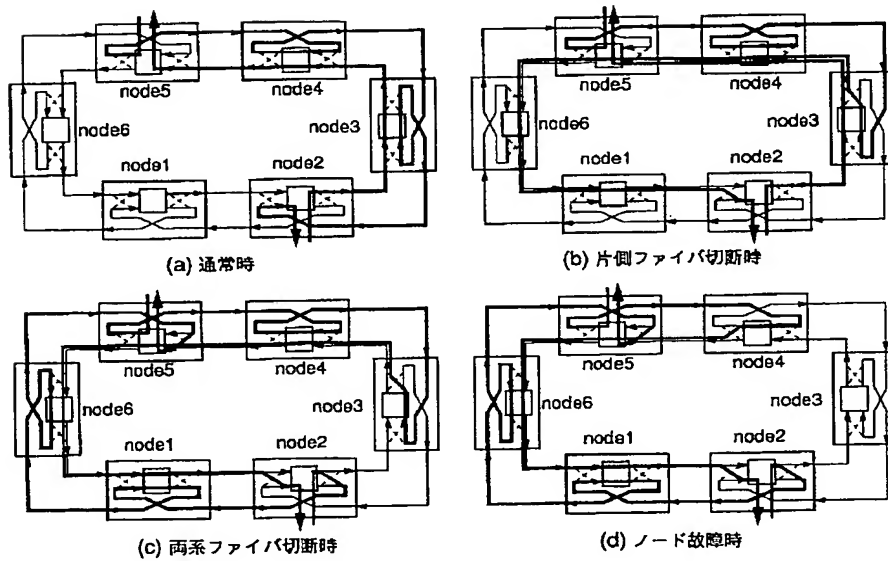
【図 10】



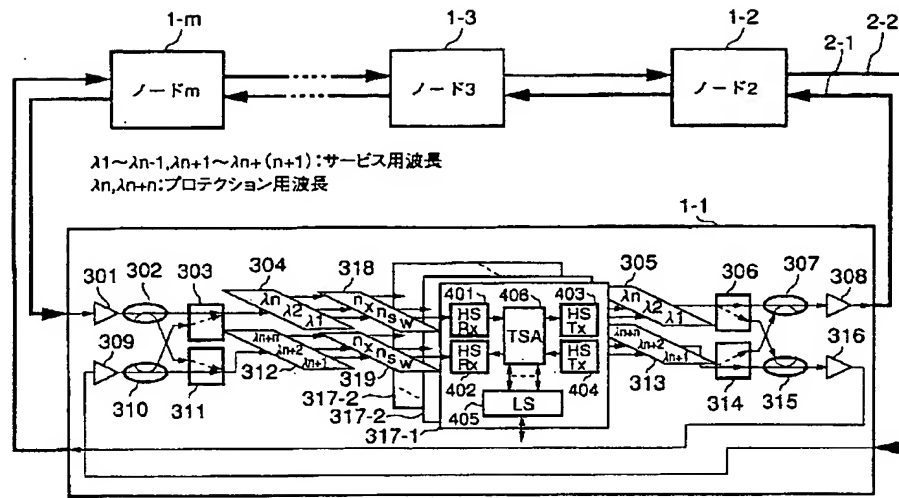
【図 11】



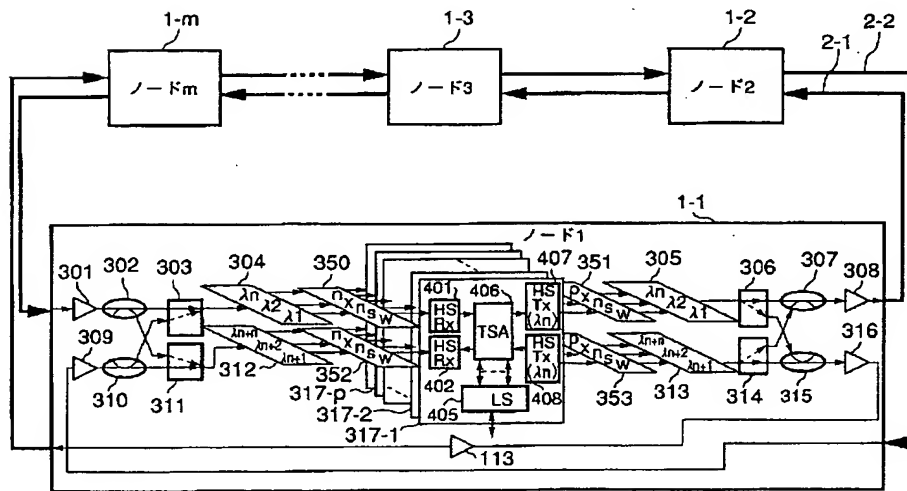
【図 12】



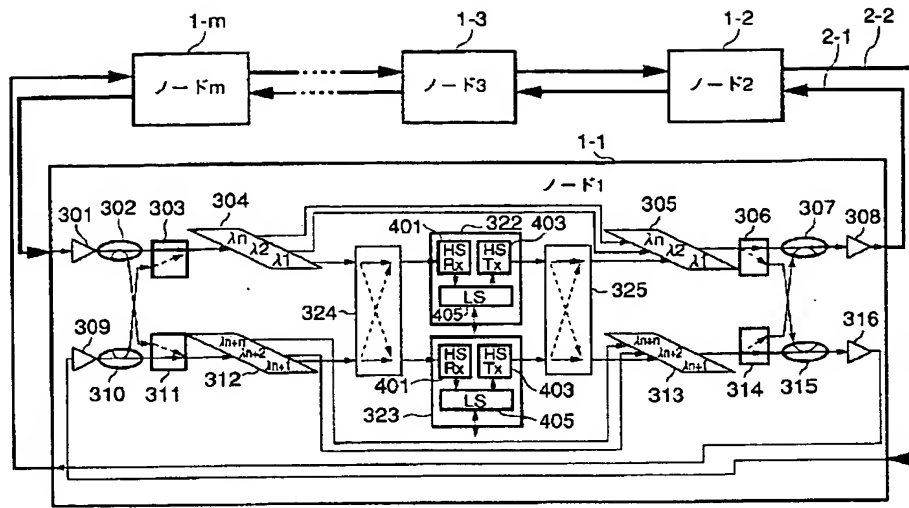
【図 13】



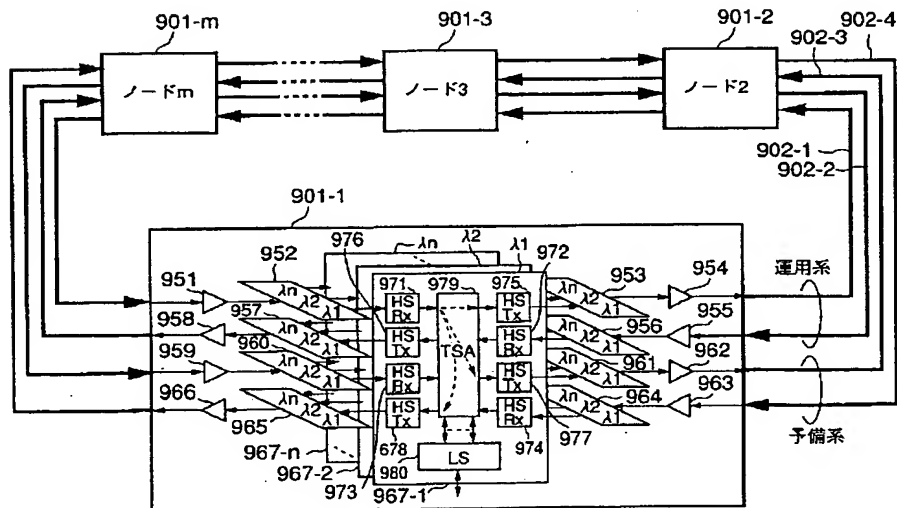
【図 14】



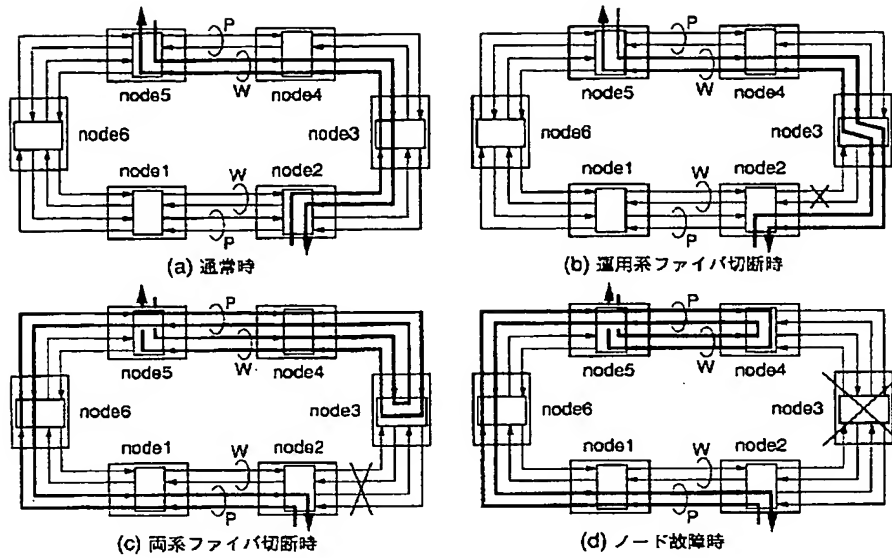
【図 15】



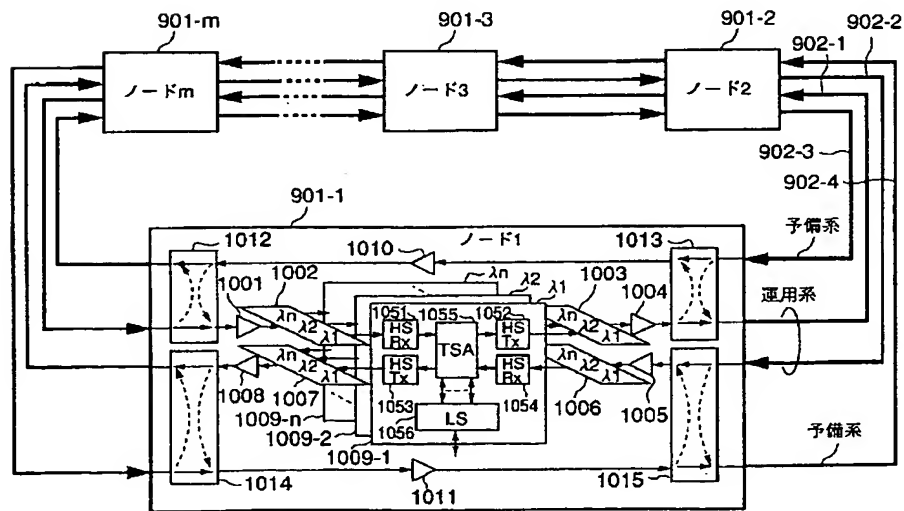
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

